

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА УЗЛА КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ
ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ**

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)
профилю подготовки «Энергетика»
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и энерго-
сберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 011

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующая кафедрой ЭС
_____ А.О. Прокубовская
« ____ » _____ 2017 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА УЗЛА КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Исполнитель:
студент группы ЭС-402

А.Е. Сырцов

Руководитель:
ст. преподаватель кафедры ЭС

В.А. Семенов

Нормоконтролер:
старший преподаватель

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2017

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 66 страницах, содержит 11 таблиц, 10 рисунков и одно приложение на 6 листах.

Ключевые слова: УЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, УЗЕЛ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ТЕПЛОЭНЕРГОКОНТРОЛЛЕР ТЭЖОН 19, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ РАСХОДА ВИХРЕАКУСТИЧЕСКИЙ МЕТРАН 300ПР-50-0,01-ТИ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ РАСХОДА ВИХРЕАКУСТИЧЕСКИЙ МЕТРАН 300ПР-32-0,01-ТИ

Сырцов А. Е. Разработка проекта узла коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя: выпускная квалификационная работа / А. Е. Сырцов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. электрооборудования и энергоснабжения. – Екатеринбург, 2017. – 66 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка проекта узла коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя».
2. Цель работы: разработать проект узла коммерческого учета тепловой энергии.
3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы разработан проект узла коммерческого учета тепла, подобраны приборы для реализации проекта и выполнен расчет экономических затрат и погрешности теплосчетчика.
4. Разработана методика контроля общедомового теплопотребления в многоквартирных жилых домах, в результате чего обоснован дополнительный экономический эффект, возникающий за счет реализации потенциала энергосбережения в зданиях путем сокращения сброса тепловой энергии в атмосферу.

Выполнены расчеты диапазонов расходов в трубопроводах горячего водоснабжения. Обоснована целесообразность установки узла учета тепловой энергии, проведен экономический расчет.

В работе был проведен анализ существующих технических решений и предложен проект разработки узла коммерческого учета тепловой энергии жилого многоквартирного дома.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 7 |
| 1 ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТА | 9 |
| 1.1 Учет тепловой энергии..... | 9 |
| 1.2 Анализ существующих технических решений | 11 |
| 1.3 Выбор приборов и оборудования..... | 23 |
| 1.3.1 Критерии выбора приборов учета | 23 |
| 1.3.2 Подбор оборудования для узла коммерческого учета тепла.. | 29 |
| 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ | |
| УЗЛА КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ТЕПЛА..... | 32 |
| 2.1 Проектирование узла коммерческого учета тепла | 32 |
| 2.1.1 Общие данные..... | 32 |
| 2.1.2 Характеристика схемы потребления тепловой энергии..... | 32 |
| 2.1.3 Порядок расчета за потребленную тепловую энергию. | 36 |
| 2.1.4 Расчет расходных характеристик теплоснабжения объекта.... | 37 |
| 2.1.5 Нормативные требования | 39 |
| 2.1.6 Требования к функциям, выполняемым узлом коммерческого | |
| учета..... | 40 |
| 2.1.7 Требования к надежности..... | 41 |
| 2.1.8 Требования к месту установки узла коммерческого учета | 41 |
| 2.1.9 Требования к защите от несанкционированного доступа | 42 |
| 2.1.10 Расчетные формулы вычисления тепловой энергии | 42 |
| 2.1.11 Метрологические характеристики | 43 |
| 2.2 Технический анализ | 47 |
| 2.3 Экономическое обоснование | 48 |
| 2.3.1 Расчет размера капитальных вложений..... | 48 |
| 2.3.2 Расчет срока окупаемости | 49 |
| 2.4. Методическая и оценочная часть | 53 |
| 2.4.1 Педагогический адрес | 53 |

| | |
|--|----|
| 2.4.2 Описание контроля | 54 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 56 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 63 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А..... | 66 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Основными энергоемкими объектами в городах и районах являются системы тепловодоснабжения и потребления зданий жилищного фонда. Доля затрат на оплату потребленной тепловой энергии и воды в жилищном фонде составляет не менее 60% от всех затрат на функционирование жилищно-коммунального хозяйства.

Главная особенность современных систем теплоснабжения жилых районов состоит в том, что их эксплуатация и развитие проходят в условиях реформирования жилищно-коммунального хозяйства, цель которого – снижение бюджетных затрат и затрат населения на оплату тепла и воды с постепенным переходом на самоокупаемый режим работы.

В связи с ростом тарифов на услуги тепло- и водоснабжения все более актуальной становится проблема учета энергоресурсов. Реализация новых методов расчета за услуги тепло- и водоснабжения между поставщиками и потребителями энергоресурсов на современной технологической и приборной базе стало в настоящее время одной из насущных проблем реформирования жилищного хозяйства.

Таким образом, проблема автоматизации учета энергоресурсов с использованием современных технических средств измерений в настоящее время является чрезвычайно актуальной задачей.

Для учета и контроля расхода тепловой энергии применяется комплекс приборов и устройств, обеспечивающий учет тепловой энергии, массы (объема) теплоносителя, а также контроль и регистрацию его параметров. Такой комплекс называется - Узел коммерческого учета тепловой энергии (далее - УКУТ). Конструктивно узел учета представляет собой набор «модулей», которые врезаются в трубопроводы. В узел учета тепла входят: вычислитель, преобразователи расхода, температуры, давления, приборы индикации темпе-

ратуры и давления, а также запорная арматура. Благодаря УКУТ проводится учет различных показателей, имеющих значение при определении эффективности работы системы в целом.

Как показала практика внедрения подобных устройств, именно их наличие позволяет своевременно выявить возможные неполадки в работе системы, оптимизировать использование ресурсов энергообеспечения и максимизировать отдачу при непреклонном соблюдении принципа минимизации расходов ресурсов.

Объектом исследования является система теплоснабжения здания жилого дома.

Предмет исследования: узел учета тепловой энергии и теплоносителя.

Цель работы: разработать проект узла коммерческого учета тепловой энергии.

Задачи:

- рассмотреть понятие учета тепловой энергии;
- провести анализ существующих технических решений, выделить достоинства и недостатки существующих методов контроля теплопотребления, используемых в многоквартирных домах;
- выбрать метрологически надежный тип приборов учета для измерения расхода тепловой энергии;
- разработать проект узла коммерческого учета тепла.

1 ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТА

1.1 Учет тепловой энергии

Учет тепловой энергии – один из способов контроля его расхода, а также реализации способов увеличения эффективности его использования. Чтобы обеспечить максимально точную и своевременную информацию о необходимых цифровых показателях, зафиксировать какие-либо изменения, для дальнейшего анализа необходимо использовать специальные приборы. К числу таковых относится, узел учета тепловой энергии.

Чтобы обеспечить максимально точную и своевременную информацию о необходимых цифровых показателях, зафиксировать какие-либо изменения, для дальнейшего анализа необходимо использовать специальные приборы. К числу таковых относится, узел коммерческого учета тепловой энергии.

Правила коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя от 18.03.2014 г. определяют требования к организации учета отпуска и потребления тепловой энергии и теплоносителей (сетевой воды и водяного пара), контроля их параметров: массы (объема), температуры и давления, а также общие технические требования к узлам коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя [13].

Правила действуют на территории Российской Федерации и обязательны для исполнения органами государственного энергетического надзора, юридическими и физическими лицами независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (далее – Закон об энергосбережении) предписывает обязательное наличие узлов коммерческого учета энергоносителей у всех потребителей тепла [21].

Установка каждого прибора учета должна выполняться после разработки проекта УКУТ и согласования проекта в энергоснабжающей организации.

Учет тепловой энергии производится теплосчетчиком - прибором, предназначенным для измерения отдаваемой теплоносителем или расходуемой вместе с ним тепловой энергии, представляющим собой единую конструкцию. Теплосчетчик предназначен для определения количества теплоты и измерения массы и параметров теплоносителя. Этот прибор позволяет определить количество тепла, полученное или отпущенное за некоторый отчетный период.

В состав теплосчетчика, входят:

- тепловычислитель - устройство, обеспечивающее расчет количества теплоты на основе входной информации о массе, температуре и давлении теплоносителя;
- преобразователи расхода (расходомеры) - приборы, предназначенные для измерения расхода теплоносителя;
- преобразователи температуры (любые термоэлектрические термометры и термометры сопротивления);
- преобразователи давления (на объектах с тепловой нагрузкой свыше 0,5 Гкал/час).

Все приборы, используемые при коммерческом учете теплоносителей должны полностью соответствовать метрологическим требованиям при определенных условиях эксплуатации.

Общие принципы работы теплосчетчиков - по информации от датчиков микропроцессорный вычислитель тепла каждое мгновение определяет расход тепла на здание и интегрирует его по времени. В общем, самом простом случае, текущий расход тепла Q (Гкал/час) определяется как:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2), \quad (1)$$

где t_1 - температура теплоносителя в подающем трубопроводе, $^{\circ}\text{C}$;

t_2 - температура теплоносителя в обратном трубопроводе, $^{\circ}\text{C}$;
 G - расход теплоносителя на объект теплоснабжения, тонн/час;
 c - теплоемкость теплоносителя, Гкал/ (тонн* $^{\circ}\text{C}$).

Таким образом, учет тепловой энергии приводит к правильной эксплуатации теплотехнического оборудования и использованию тепла и теплоносителя, как у поставщика, так и у потребителя, стимулируя как того, так и другого к проведению энергосберегающих мероприятий и внедрению энергосберегающего оборудования и технологий.

Расчеты потребителей тепловой энергии с энергоснабжающими организациями за полученное ими тепло осуществляются на основании показаний приборов учета и контроля параметров теплоносителя, установленных у потребителя и допущенных в эксплуатацию в качестве коммерческих.

1.2 Анализ существующих технических решений

Выпускаемые теплосчетчики различаются по методу измерения, метрологическим характеристикам, структурно-функциональным особенностям, условиям монтажа и эксплуатации, цене. В этих условиях выбор средств приборного обеспечения для учета тепла и теплоносителя представляет собой непростую задачу, которая состоит в том, чтобы, во-первых, правильно выбрать метод измерения расхода (количества) теплоносителя, во-вторых, выбрать тип прибора, наиболее соответствующий вашим условиям и возможностям.

Рассмотрим основные используемые методы измерения и характерные особенности приборов.

Тахометрические теплосчетчики (крыльчатые, турбинные, винтовые) являются механическими приборами и являются наиболее простыми. Принцип действия механических теплосчетчиков основан на преобразовании поступательного движения потока жидкости во вращательное движение

измерительной части. Механические теплосчетчики состоят из тепловычислителя и механических роторных или крыльчатых водосчетчиков [1].

Это наиболее дешевые теплосчетчики. К недостаткам механических теплосчетчиков относится невозможность их использования при повышенной жесткости воды, присутствии в ней мелких частиц окалины, ржавчины и накипи, которые забивают фильтры и механические расходомеры. По этим причинам установка механических расходомеров рекомендуется только в квартирах, небольших частных домах и т.п. Кроме того, механические расходомеры создают наибольшие потери давления воды по сравнению с расходомерами других типов.

В качестве примера здесь приведена схема установки наиболее распространенного из крыльчатых теплосчетчиков типа "Supercal", производства польской фирмы AQUATHERM.

Тепловычислитель оснащен жидкокристаллическим дисплеем, на котором отображаются показания о текущих расходах теплоносителя и тепла, температурах в прямом и обратном трубопроводах, времени работы прибора и интегральные показатели об общем потреблении теплоносителя и тепла зданием. Считывание показаний осуществляется с помощью нажатия одной кнопки на тепловычислителе. Пример крыльчатого теплосчетчика "Supercal" представлен на рисунке 1.

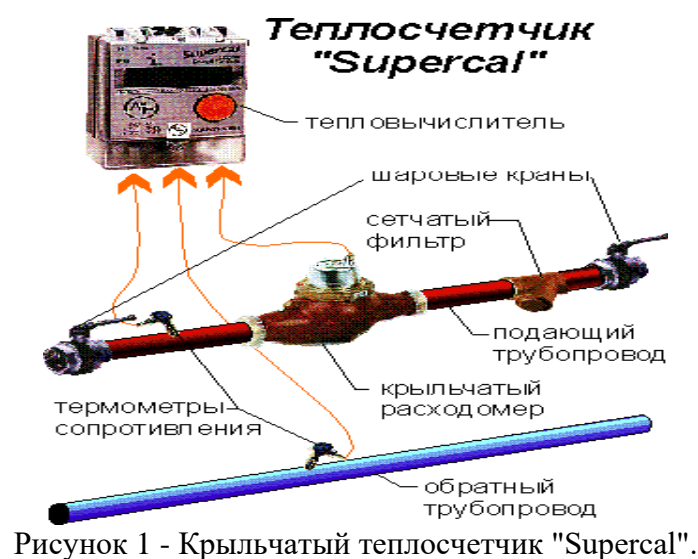


Рисунок 1 - Крыльчатый теплосчетчик "Supercal".

Все эти характерные особенности, показанные на примере теплосчетчика "Supercal", являются общими для всех крыльчатых (турбинных) теплосчетчиков. Другие тахометрические теплосчетчики представлены на рынке компаниями: Технопромтрейд - СТ-10, ТСК-7, Карат-компакт; Интелприбор – МКТС; ООО Тепломер-продукция - СТ «Сибирь».

К преимуществам данных теплосчетчиков можно отнести: простота конструкции; не нуждается в питании; относительно низкая стоимость.

К недостаткам: низкая надежность; не обеспечивает измерения мгновенного расхода; существенное снижение точности измерения при налипании осадков на рабочие поверхности, чувствительность к примесям в воде, образованию твердых отложений для надежной работы необходим фильтр на входе прибора, который необходимо регулярно менять; износ осей и подшипников ротора и турбины; значительные потери давления в трубопроводе (25-30 кПа) даже на номинальном расходе.

Электромагнитные теплосчетчики, в основе которых лежат электромагнитные расходомеры, используют способность измеряемой жидкости возбуждать электрический ток при ее движении в магнитном поле.

Электромагнитные теплосчетчики производят вычисление тепловой мощности и тепловой энергии на основе данных об объемном расходе и объеме теплоносителя, температур на прямом и обратном трубопроводе с учетом изменения теплоемкости теплоносителя при изменении разности температур на входе и выходе. Поскольку при этом возникают малые величины тока, то электромагнитные теплосчетчики очень чувствительны к качеству монтажа, условиям эксплуатации.

Недостаточно качественное соединение проводов, появление дополнительных сопротивлений в соединениях, наличие примесей в воде, резко увеличивают погрешности показаний этих приборов.

Существует много производителей электромагнитных теплосчетчиков, например: Энергостиль: SKM-1; Компания "ТБН энергосервис": СЕРИЯ КМ-

5, СЕРИЯ КМ-5-Б. Технопромтрейд: ТЭМ-104, ТЭМ-106, СТ-10, ЭСКО - Т, ТСК5. В качестве примера на рисунке 2 представлен электромагнитный расходомер компании Технопромтрейд марки ТЭМ-104.



Рисунок 2 - Теплосчетчик электромагнитный микропроцессорный ТЭМ-104

Теплосчетчик позволяет одновременно вести учет потребления воды и (или) тепловой энергии в системах отопления, горячего и холодного водоснабжения здания (до 4 систем). Возможна установка теплосчетчика ТЭМ-104 по нескольким схемам теплоснабжения, приведем некоторые из них:

"РАСХОДОМЕР V" Расходомер-счетчик (G, V) показан на рисунке 3.

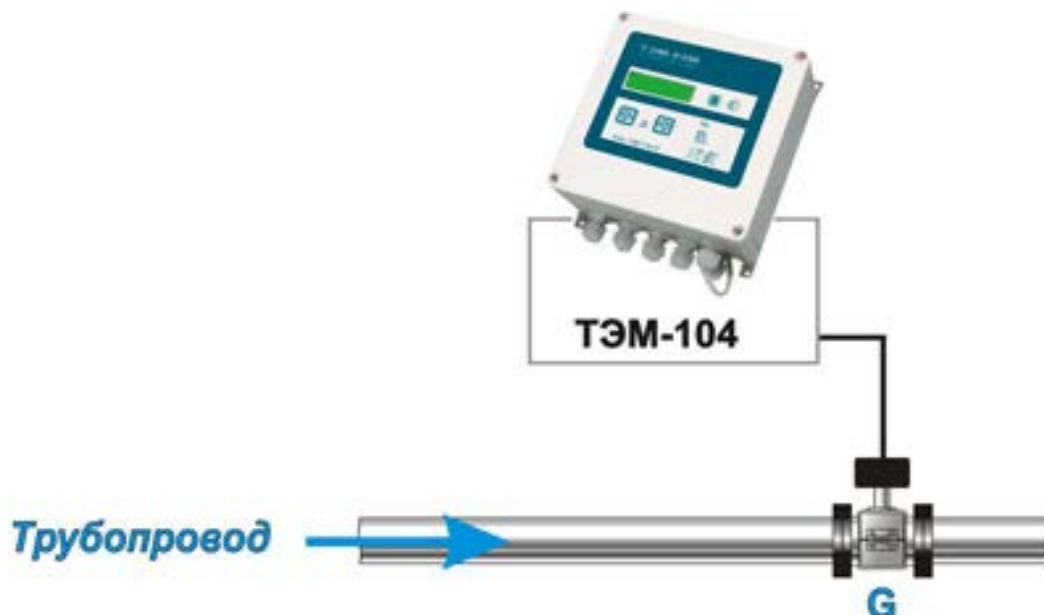


Рисунок 3 - Установка теплосчетчика по схеме "Расходомер V"

"РАСХОДОМЕР М" Массовый расходомер (G, V, M, t, p) показан на рисунке 4.

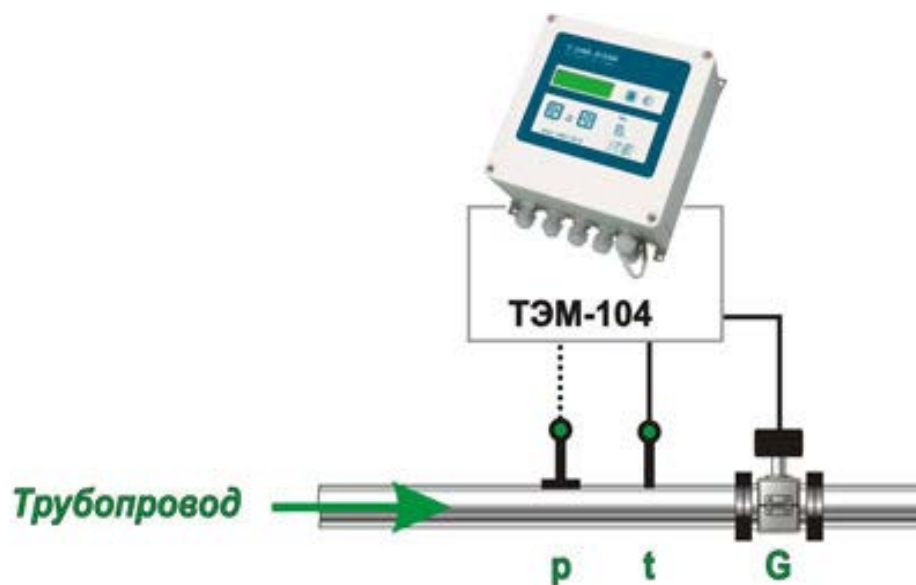


Рисунок 4 - Установка теплосчетчика по схеме "Расходомер-М"

"ПОДАЧА" Закрытая система отопления с ППР (Первичный преобразователь расхода) или ИП на подающем трубопроводе. ($Q = M (h_{п} - h_o)$) показана на рисунке 5.

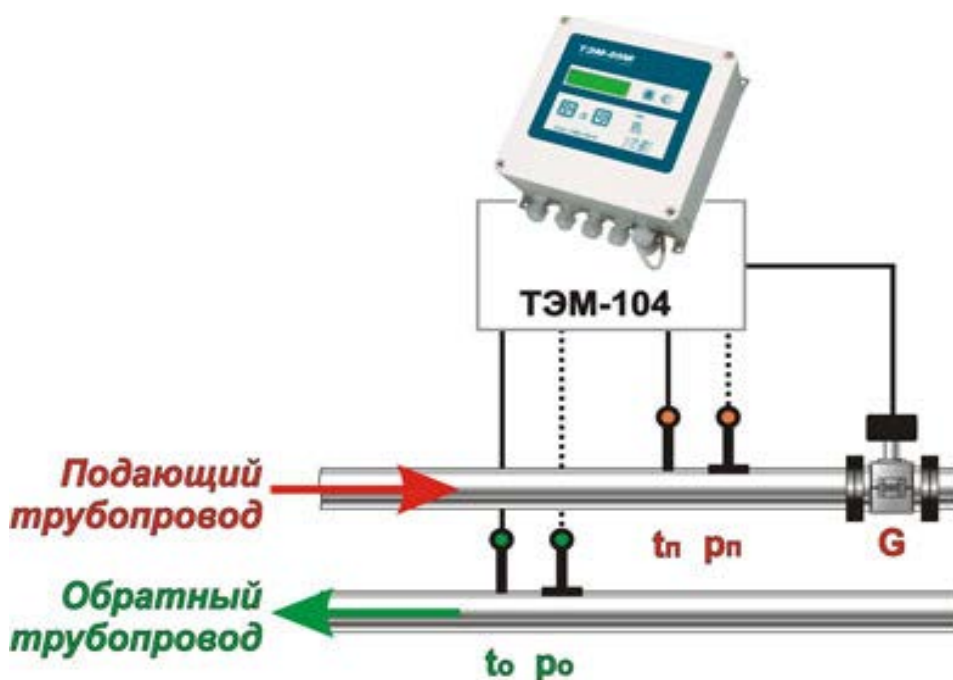


Рисунок 5 - Установка теплосчетчика по схеме "Поддача"

"ТУПИКОВАЯ ГВС" ГВС без циркуляции ($Q = M (h_g - h_x)$) представлена на рисунке 6.

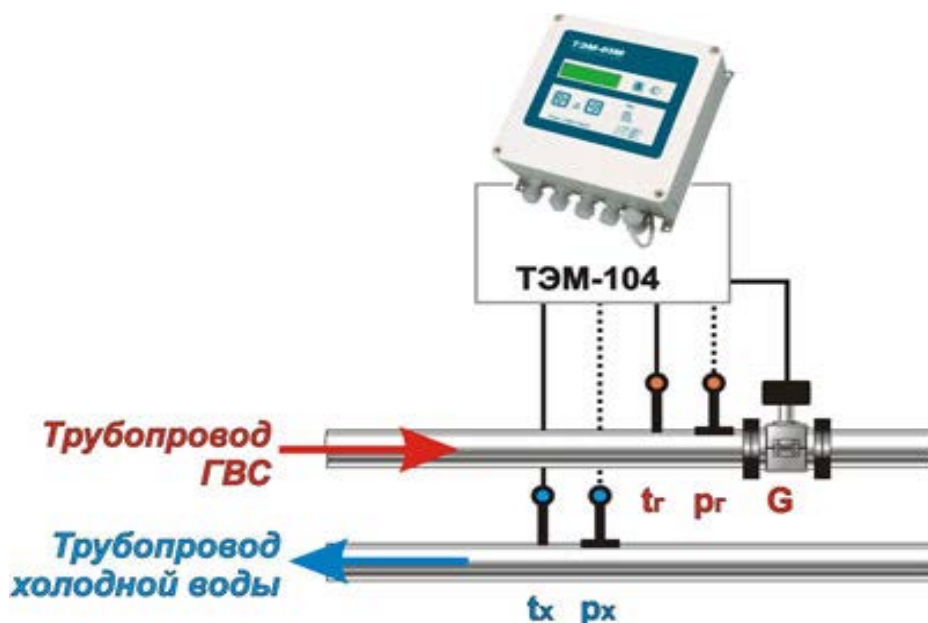


Рисунок 6 - Установка теплосчетчика по схеме тупиковая ГВС

"ГВС циркуляция" Циркуляционная система ГВС. $Q = M_1 (h_{п} - h_{хв}) - M_2 (h_o - h_{хв})$ представлена на рисунке 7.

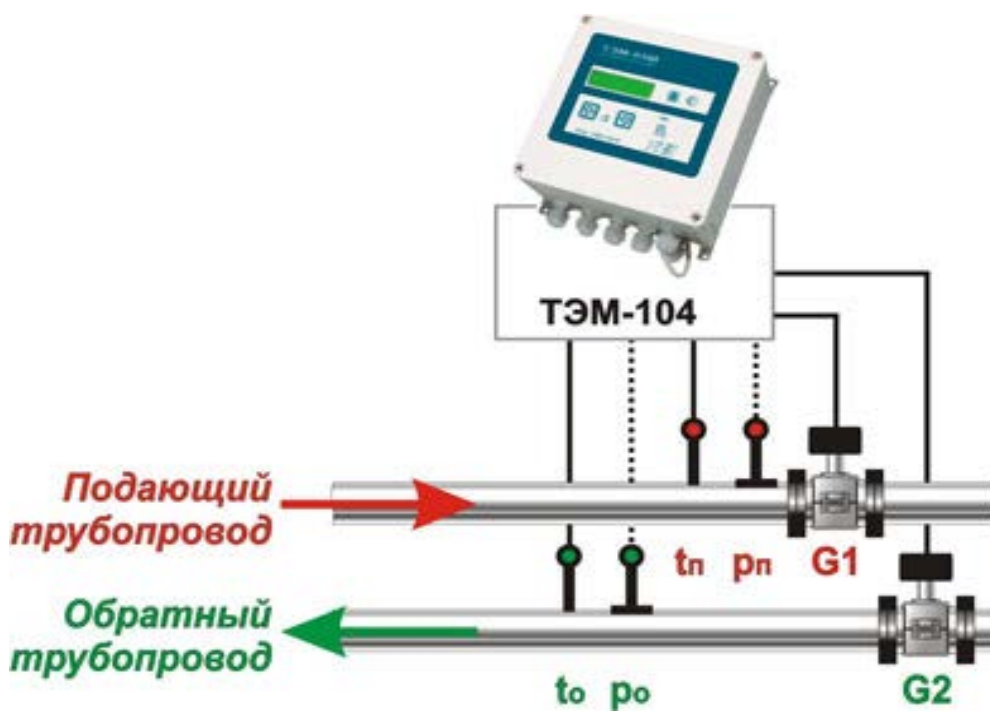


Рисунок 7 - Установка теплосчетчика по схеме ГВС циркуляция

К преимуществам данных теплосчетчиков можно отнести:

- высокая надежность и стабильность метрологических характеристик во времени;
- широкий диапазон и высокая точность измерения расхода теплоносителя;
- нет потери давления в трубопроводе, поскольку не содержит элементов конструкции в потоке, не искажает профиля потока, не создает застойных зон и местных сопротивлений;
- минимальные длины прямых участков до и после приборов;
- возможность получения показаний расхода независимо от плотности, вязкости и температуры теплоносителя.

К недостаткам:

- снижение точности измерения при налипании осадков на рабочие поверхности;
- дестабилизация показаний счетчика (смещение нуля, появление систематических погрешностей и др.) из-за блуждающих токов на трубопроводах, для устранения чего требуется наличие дополнительных функций прибора учета;
- невозможность работы от автономного источника питания.

Ультразвуковые теплосчетчики работают на принципе изменения времени прохождения ультразвукового сигнала от источника до приемника сигналов, которое зависит от скорости потока жидкости. Ультразвуковые теплосчетчики показали высокую свою надежность при измерении расхода чистой и однородной жидкости. Однако, при протекании жидкостей, имеющих посторонние включения - окалина, частицы накипи, песок, воздушные пузыри и при неустойчивом расходе, а также загрязнении внутренней поверхности трубопроводов они дают существенные неточности показаний.

Кроме стандартных функций по измерению расхода, объема теплоносителя, его температуры и давления, вычисления потребленного или произведенного тепла, ультразвуковые теплосчетчики также могут иметь функцию регулирования подачи теплоносителя по двум независимым каналам [9].

На рынке ультразвуковые теплосчетчики представлены компаниями: Технопромтрейд: Multical UF, ИРВИКОН ТС 200, СТД, Dynameters: DMTF-B.

Ультразвуковой теплосчетчик СТД представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 - Ультразвуковой теплосчетчик СТД

В состав теплосчетчика СТД (количество и исполнения в зависимости от системы теплоснабжения) входят:

- тепловычислитель ВТД-В;
- ультразвуковые преобразователи расхода US-800;
- комплекты термопреобразователей сопротивления с гильзами (типа КТПТР);
- преобразователи давления (типа КРТ);
- дополнительное оборудование, не являющееся средством измерения (принтер, кабели, и др.).

К преимуществам данных теплосчетчиков можно отнести:

- сохранение технико-эксплуатационных характеристик на протяжении длительного времени;
- высокая точность измерения в широком динамическом диапазоне;

- не содержит элементов конструкций в потоке и потерь давления в трубопроводе;
- низкое энергопотребление.

К недостаткам:

- необходимость длинных прямых участков в разные стороны от прибора для выравнивания однородности потока теплоносителя;
- требует качественный теплоноситель, не позволяющий образование накипи.

Вихревые теплосчетчики работают на принципе широко известного природного явления - образование вихрей за препятствием, стоящим на пути потока. Конструктивно вихревые теплосчетчики состоят из треугольной призмы, вертикально установленной в трубе, измерительного электрода, вставленного в трубу далее по течению жидкости, и установленного снаружи трубы постоянного магнита [12].

Регистрация вихревых потоков происходит детекторами. В зависимости типа детектора расходомеры подразделяют на вихревые и вихреакустические.

В расходомерах с вихревыми детекторами определение частоты вихреобразования происходит при помощи двух пьезодатчиков, представляющих собой блок, состоящий из корпуса проточной части и блока электроники. При протекании потока газа (пара) через проточную часть образуются вихри, приводящие к появлению пульсаций давления среды, фиксируемые пьезодатчиками, с которых сигналы в форме электрических колебаний поступают на плату цифровой обработки, где происходит вычисление объемного расхода и формируется управляющий выходной сигнал.

В расходомерах с вихреакустическими детекторами за тело обтекания берут призму трапецеидального сечения, а регистрация вихревых дорожек происходит с помощью ультразвуковых преобразователей. Основное применение вихреакустические расходомеры получили при измерениях

расхода жидкостей (газов) с низкой вязкостью без завихрений (чистые жидкости).

Вихревые теплосчетчики могут быть установлены на горизонтальных и вертикальных участках трубопроводов и менее требовательны к длине прямых участков до и после расходомера.

На рынке вихревые и вихреакустические теплосчетчики представлены компаниями: ИВП «Крейт»: ТЭКОН 19, Теплоком: ТСК-5, ТСК-7, ПромСервис: ВЭПС-ДоКар. Вихреакустический теплосчетчик ТЭКОН-19 показан на рисунке 9.



Рисунок 9 - Вихреакустический теплосчетчик ТЭКОН-19

Серия вихреакустических расходомеров предназначена для измерения объемного расхода и объема водопроводной, теплофикационной, технической воды, водных растворов.

К преимуществам вихреакустических теплосчетчиков можно отнести: долговременная стабильность метрологических характеристик в тяжелых условиях применения; широкий динамический диапазон; надежная работа в области малых значений расходов, благодаря применению температурной коррекции расходной характеристики; оперативная диагностика и возможность поверки непосредственно на трубопроводе; 100% обеспечение соосности при монтаже, благодаря конструктивным решениям КМЧ; самодиагностика; широкая гамма стандартных выходных сигналов для связи с вторичными устройствами.

Отличительной особенностью ТЭКОН-19 является:

- возможность организации учета расхода для различных сред;
- возможность использования различных типов расходомеров;
- одновременный расчет параметров расхода по восьми трубопроводам;
- развитая среда конфигурирования, позволяющая задавать произвольные алгоритмы работы контроллера;
- возможность объединения нескольких контроллеров в сеть и настройки свободного обмена данными между контроллерами;
- невысокая стоимость прибора.

Теплосчетчик состоит из следующих функциональных блоков:

- вычислителя количества теплоты ВКТ-7;
- до 6 преобразователей расхода: вихревые ВРТК-2000 (ВПР), ВЭПС, ВЭПС-Т (И), ДРК-В, МЕТРАН-300ПР, ВПС, ДВ-1;
- до 5 термопреобразователей 100П, Pt100, 100М, 500П и Pt500.
- до 4 преобразователей избыточного давления с выходным сигналом 4-20 мА [14].

Сопоставление технических характеристик расходомеров и теплосчетчиков в зависимости от их конструкции и метода измерения приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики расходомеров и теплосчетчиков

| Метод измерения | Диапазон измерения, м ³ /ч | Диапазон диаметров, мм | Погрешность, % |
|---|---------------------------------------|------------------------|----------------|
| Механический | | | |
| Счетчики воды: | | | |
| - крыльчатые | 0,03 – 20 | 15 – 40 | 2 – 5 |
| - турбинные | 0,7 – 1200 | 50 – 250 | 2 – 5 |
| Теплосчетчики | 0,03 – 1200 | 15 – 250 | 4 – 6 |
| Ультразвуковой | | | |
| Счетчики воды: | | | |
| - корпусные | 0,01 – 600 | 15 - 250 | 2 – 5 |
| - с накладными датчиками | 0,1 – 1000 | 15 - 500 | 5 |
| Теплосчетчики | 0,01 – 6000 | 15 - 1200 | 4 – 6 |
| Вихревой | | | |
| Счетчики воды с измерением пульсаций давления | 0,5 – 500 | 32 - 200 | 1,5 |
| Электромагнитный | | | |
| Счетчики воды | 0,05 – 350 | 10 - 150 | 1,0 |
| Теплосчетчики | 0,05 | 10 - 200 | 2,0 |

Характеристики некоторых наиболее распространенных расходомеров разных типов и разных производителей приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Типы расходомеров

| Электромагнитные | | | | | | | | | |
|-------------------------|------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------|--------|-----------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Наименование | DN [мм] | Диапазон расхода | | Прямые участки [DN] | | δ_{\max} | T _{max} , °C | P _{max} [МПа] | ΔP_{\max} [МПа] |
| | | Q _B /Q _H | Q _B [м ³ /ч] | L1/DN | L2/ DN | [%] | °C | Мпа | МПа |
| ПРЭМ | 15-150 | 100 | 6-630 | 2-10 | 2 | 1 | 150 | 1,6 | 0,01 |
| ВЗЛЕТЭР | 10-300 | 66,7 | 3,4-3056 | 3 | 2-3 | 1,8 | 150 | 1,6 | 0,01 |
| МастерФлоу | 10-200 | 200 | 3-1100 | 2 | 10 | 1 | 150 | 1,6 | 0,01 |
| ЭМИР-ПРАМЕР-550 | 15-150 | 100 | 6-600 | 3-10 | 1 | 1 | 150 | 1,6 | 0,01 |
| РМ-5-Т-И | 15-300 | 250 | 6-2500 | 3 | 1 | 1 | 150 | 1,6 | 0,01 |
| Ультразвуковые | | | | | | | | | |
| Наименование | DN [мм] | Диапазон расхода | | Прямые участки | | δ_{\max} | T _{max} °C | P _{max} [МПа] | ΔP_{\max} [МПа] |
| | | Q _B /Q _H | Q _B [м ³ /ч] | L1/DN | L2/ DN | [%] | °C | МПа | МПа |
| SITRANSFUS | 25-2000 | 40 | 18-113040 | 10-40 | 3 | 1,5 | 150 | 1,6 | 0,01 |
| СУР-97 | 25-2000 | 100 | 20-120000 | 10-50 | 5 | 1,4 | 150 | 1,6 | 0,01 |
| Вихревые | | | | | | | | | |
| Наименование | DN [мм] | Диапазон расхода | | Прямые участки | | δ_{\max} | T _{max} °C | P _{max} [МПа] | ΔP_{\max} [МПа] |
| | | Q _B /Q _H | Q _B [м ³ /ч] | L1/DN | L2/ DN | [%] | °C | МПа | МПа |
| Метран-300ПР | 25-300 | 40 | 9-2000 | 5-10 | 2-5 | 1,5 | 150 | 1,6 | 0,01 |
| PRO-V | 15-1800 | 28,6 | 6-82450 | 5-25 | 5-10 | 2 | 150 | 1,6 | 0,01 |
| YEWFLODY | 15-300 | 25 | 6-2156 | 5-20 | 5 | 1 | 150 | 1,6 | 0,1 |
| ЭМИС-ВИХРЬ200 | 15-300 | 25 | 5-2370 | 10-30 | 5 | 1,5 | 150 | 1,6 | 0,1 |
| Тахометрические | | | | | | | | | |
| Наименование | DN [мм] | Диапазон расхода | | Прямые участки | | δ_{\max} | T _{max} °C | P _{max} [МПа] | ΔP_{\max} [МПа] |
| | | Q _B /Q _H | Q _B [м ³ /ч] | L1/DN | L2/ DN | [%] | °C | МПа | МПа |
| ТЭМ-211(-212) | 15-50 | 25 | 3-30 | 3 | 2 | 2 | 150 | 1,6 | 0,1 |
| ВСТ | 15-40 | 25 | 1,2-20 | 3 | 1 | 2 | 150 | 1,6 | 0,1 |
| ВСТН | 40-250 | 25 | 30-1000 | 3 | 1 | 2 | 150 | 1,6 | 0,1 |
| ВМГ | 50-200 | 25 | 60-500 | 2 | 1 | 2 | 150 | 1,6 | 0,1 |
| СКБ | 25-40 | 50 | 7-20 | 2 | 2 | 2 | 90 | 1,6 | 0,1 |

Таким образом, в настоящее время производятся расходомеры и счетчики воды, в которых используются различные методы измерения. На данный момент широкое применение получили следующие виды расходомеров: приборы с преобразователями крыльчатого и турбинного типа (тахометрический метод), электромагнитные преобразователи расхода (электромагнитный метод измерения), приборы с времяимпульсными,

доплеровскими и корреляционными преобразователями (ультразвуковой метод измерения), приборы с различными способами съема пульсации (вихревой и вихреакустический метод измерений).

1.3 Выбор приборов и оборудования

1.3.1 Критерии выбора приборов учета

Выбор теплосчетчика, который бы оптимально подходил к конкретным финансовым возможностям и специфическим условиям объектов жилищно-коммунального хозяйства — вопрос, требующий глубокой проработки и обоснования критериев и требований к оборудованию. Основная особенность Российских систем теплоснабжения - наличие открытого водоразбора дополняется необходимостью независимого учета количества потребленной тепловой энергии и в системах ГВС. Кроме того, необходимо учитывать целую гамму конкретных факторов, ограничивающих в той или иной степени свободу выбора теплосчетчика. Например, отсутствие приспособленного помещения, малый располагаемый напор, низкие скорости потока теплоносителя, малые длины прямых участков трубопровода, отсутствие подготовленного персонала и т.п.

Увеличение спроса на приборный учет тепла и горячей воды стимулирует появление на рынке большого числа приборов для этих целей.

Для решения вопросов организации учета и применения конкретных технических решений целесообразно обращаться в специализированную организацию. Тем не менее, для того чтобы оценить предлагаемый проект организации учета с точки зрения его экономической эффективности, следует иметь представление об основных критериях, определяющих выбор тех или иных приборов учета [3]

Внесение в Государственный реестр является необходимым условием использования прибора учета. Помимо этого прибор учета должен быть

метрологически надежным средством измерения. Метрологическая надежность — это свойство средств измерений сохранять установленные значения метрологических характеристик в течение определенного времени при нормальных режимах и рабочих условиях эксплуатации. Она характеризуется интенсивностью отказов, вероятностью безотказной работы и наработкой на отказ и определяется в процессе эксплуатации.

Основные требования к приборам учета тепловой энергии содержатся в Правилах учета тепловой энергии. Для правильности выбора теплосчетчика необходимо учитывать следующие технические, метрологические и экономические критерии.

Погрешность измерения тепловой энергии: основная характеристика систем коммерческого учета. Правилами учета тепловой энергии установлены требования к относительной погрешности измерений тепловой энергии: не более $\pm 4\%$ при разности температур в трубопроводах более 20°C и не более $\pm 5\%$ при разности температур в трубопроводах от 10°C до 20°C . Практически все современные теплосчетчики отвечают этим требованиям.

Погрешность измерения массы: правилами учета тепловой энергии установлены требования к относительной погрешности измерений массы (объема) теплоносителя $\pm 2\%$ в диапазоне расхода воды и конденсата от 4% до 100%. Для открытых систем существенным является минимизация погрешности измерения разности масс, особенно в случаях малого разбора. Поэтому необходимым требованием является наличие у одного производителя также преобразователей расхода с относительной погрешностью $\pm 1\%$ ($\pm 0,5\%$). В данном случае модификациями одного типа приборов одного производителя может быть обеспечена комплектация узлов учета различных назначений. Достигаемая при этом унификация оборудования существенно облегчает техническое обслуживание, ремонт и поверку [2]

Диапазон изменений расхода: правилами учета тепловой энергии установлен диапазон по расходу не менее 1:25 и все предлагаемые на рынке теплосчетчики удовлетворяют этому требованию. Однако у многих из них наибольший расход соответствует скорости потока воды 10 м/с, поэтому наименьший расход, который возможно корректно измерять, соответствует скорости не более 0,4 м/с. На практике, ввиду малых располагаемых напоров в системе теплоснабжения потребителя, наибольшая скорость потока воды колеблется от 0,5 до 3 м/с. Следовательно, не все теплосчетчики обладают необходимым для практики наименьшим измеряемым расходом. Кроме того, при переходе системы теплоснабжения с зимнего на летний режим работы расход может уменьшаться в 3-5 раз. Таким образом, указанный диапазон недостаточен и возникает необходимость установки на узлах учета двух комплектов приборов. В связи с этим требуется расширение диапазона изменения расхода до значений 1:100 и более с погрешностью измерений не более $\pm 2\%$.

Диапазон изменений температур: максимальный температурный график, применяемый на российских тепловых сетях находится в диапазоне $(150 \div 70)^\circ\text{C}$, следовательно, наибольшая измеряемая теплосчетчиком температура должна быть не менее 150°C . Формально практически все теплосчетчики удовлетворяют этому требованию.

Диапазон изменений разности температур: практически у всех типов современных теплосчетчиков нижний предел разности температур равен значению 3°C , что соответствует требованиям Правил учета тепловой энергии.

Потери давления: преобразователи расхода (объема) воды теплосчетчиков, устанавливаемые в трубопроводах, обладают гидравлическим сопротивлением, что создает потери давления на них. Ввиду малых располагаемых напоров в системе теплоснабжения этот параметр часто критичен. Только полнопроходные (без сужения диаметра трубопровода с

целью увеличения скорости потока воды) электромагнитные и ультразвуковые составляют исключение и не создают существенных потерь давления.

Длины прямых участков трубопровода: многие типы преобразователей расхода (объема) воды для корректных измерений требуют наличия существенных длин (до 10 диаметров трубопровода и более) прямых участков до и после места их установки. Особенно критичны к этим параметрам ультразвуковые преобразователи. На практике (в условиях стесненных подвальных помещений) не всегда возможно удовлетворить эти требования.

Регистрация температур и давлений: нормами предусмотрена регистрация среднечасовых температур и, для абонентов средней и большой мощности, давлений в трубопроводах системы. Практически все теплосчетчики обеспечивают эти требования по температуре и только некоторые — по давлению.

Каналы измерений: современные теплосчетчики - комплексные измерительные системы, позволяющие осуществлять весь набор функций, предусмотренный нормами для узлов учета: измерения теплоты и массы теплоносителя, температуры и давления, а также продолжительности нормального функционирования. Некоторые типы теплосчетчиков могут обеспечивать одновременно учет по двум и более тепловым вводам, например, по нагрузке отопления и вентиляции и по магистрали ГВС. В этом случае теплосчетчик становится универсальным и может удовлетворить требования самых разнообразных источников и потребителей теплоты. Практически в качестве необходимого условия минимизации затрат на оборудование узла учета следует указать требование наличия у одного производителя модификаций тепловычислителей с различным числом входных каналов.

Наличие и глубина архива: современные теплосчетчики осуществляют архивирование измерительной информации с возможностью последующего

извлечения архивных данных либо непосредственно с прибора, либо с помощью дополнительных устройств. При этом важнейшим фактором является возможность контрольного вывода с датированием архивных данных на табло прибора. Глубина архивов, как правило, не менее: 45 суток — часовые, 6 месяцев — суточные и 4-5 лет — месячные. Номенклатура архивируемых данных и глубина архива в большинстве случаев обеспечивают возможность формирования журналов учета и отчетов для теплоснабжающей организации.

Наличие системы диагностики: большинство теплосчетчиков снабжено системой самодиагностики, которая обеспечивает периодическую автоматическую проверку состояния прибора и выдачу, как на дисплей прибора, так и занесение в его архив сведений о характере возникших отказов и календарном времени их возникновения. Одновременно приборы могут регистрировать и ситуации, возникающие в системе теплоснабжения, такие как выход текущего значения расхода за пределы установленного для прибора диапазона либо за пределы введенной в память прибора уставки, отключение сетевого питания, небаланс масс в трубопроводах и др. и выдавать, как на дисплей прибора, так и заносить в его архив сведений о возникших диагностируемых ситуациях и календарном времени их возникновения.

Наличие интерфейса для связи с компьютером, принтером или модемом: многие современные теплосчетчики снабжены стандартными интерфейсами (RS232, RS485, Ethernet и др.), позволяющими передавать как текущую измерительную информацию, так и архивные данные за любой заданный промежуток времени на внешнее оборудование.

Энергонезависимость: для полной энергонезависимости теплосчетчиков имеются две предпосылки: перерывы электропитания сети 220В и безопасность эксплуатации. С перерывами можно бороться применением блоков бесперебойного питания. Но это возможно только на

крупных объектах. Безопасность важна у таких абонентов, как школы, детские сады и другие объекты бюджетной сферы.

Межповерочный интервал: поскольку межповерочный интервал является экономической категорией (затраты на проведение поверки составляют не менее 10% стоимости теплосчетчика), то понятно стремление его увеличить. На сегодня он, как правило, составляет 4 года.

Простота использования: тепловычислители должны иметь доступные и интуитивно понятные процедуры вывода информации на индикатор, рассчитанные на неподготовленного человека.

Комплектность поставки: получение комплекта теплосчетчика от одного поставщика гарантирует совместимость его элементов и работоспособность их в совокупности. В противном случае возможны недоразумения, связанные с адаптацией теплосчетчика к конкретным условиям применения и проявляющиеся в процессе эксплуатации.

Поставщик: в качестве поставщиков оборудования узлов учета предпочтительней рассматривать Российских производителей, так как:

- во-первых, они имеют опыт разработки и применения приборов на специфически Российских и широко применяемых узлах учета с открытыми системами (с водоразбором), а также в сетях с низким качеством водоподготовки;

- во-вторых, стоимость оборудования Российских производителей при постоянно растущем качестве оказывается ниже, чем у зарубежных аналогов;

- в-третьих, стоимость обслуживания, ремонта и поверки приборов Российских производителей несоизмеримо ниже, чем у зарубежных аналогов;

- в-четвертых, этим обеспечивается поддержка отечественного производителя, что благоприятно сказывается на экономике страны в целом и на бюджете государственных организаций, осуществляющих закупку оборудования узлов учета, в частности.

Срок гарантии: типичный срок гарантии -18 месяцев. Повышенный срок гарантии привлекателен для покупателя и характеризует уверенность изготовителя в надежности своей продукции.

Цена: стоимость комплекта различных теплосчетчиков колеблется в широком диапазоне и зависит, прежде всего, от цены преобразователей расхода, количества каналов измерений теплоты, необходимости измерений давления, наличия внешнего оборудования (модемы, адаптеры сети и переноса данных и т.п.), поставщика (отечественный, зарубежный) и других факторов. Стоимость преобразователей расхода в свою очередь зависит, прежде всего, от метода измерений расхода и диаметра условного прохода. Предпочтение, при прочих равных условиях, следует отдавать приборам, имеющим опыт массового применения и положительные отзывы о надежности, удобстве использования и качестве [15].

Таким образом, выбор состава технических средств системы приборного учета определяется многообразием ее параметров и требований к системе учета. Невозможно дать универсальных рецептов, но можно отметить, что одним из основных параметров, определяющих выбор конкретного прибора учета, является допустимая относительная погрешность измерений. От величины погрешности зависит и стоимость прибора: чем точнее прибор, тем шире его динамический диапазон и выше стоимость, тем более точные данные, а значит, более дорогие измерительные преобразователи должны применяться в его составе.

1.3.2 Подбор оборудования для узла коммерческого учета тепла

Для того, чтобы грамотно подобрать оборудование для узла коммерческого учета тепловой энергии, необходимо проделать большую предварительную работу, итогом которой должен стать проект узла коммерческого учета тепловой энергии. Данный документ согласовывается с энергоснабжающей организацией.

Проектирование УКУТ должно начинаться с детального обследования объекта, либо проекта теплового пункта (для новых присоединений). Часто тепловые пункты, не рассчитаны на установку приборов учета и требуют реконструкции. В ходе обследования уточняется конфигурация трубопроводов и схемы присоединения к тепловым сетям, тщательно измеряется длина всех прямолинейных участков и уточняется местоположение арматуры [8].

Правила учета тепловой энергии устанавливают различные требования к установке приборов учета тепловой энергии, в зависимости от схемы теплоснабжения. По схемам присоединения установок теплоснабжения различают зависимые и независимые системы теплоснабжения. В зависимости от схемы присоединения установок горячего водоснабжения (далее – ГВС), системы теплоснабжения делятся на закрытые и открытые. По числу трубопроводов, используемых для теплоносителя, различают одно-, двух- и многотрубные системы.

В закрытых системах на ГВС поступает вода из водопровода, нагретая до требуемой температуры водой из тепловой сети в теплообменниках, установленных в тепловых пунктах. В открытых системах вода на ГВС подаётся непосредственно из тепловой сети.

Однотрубные системы применяют в тех случаях, когда теплоноситель полностью используется потребителями и обратно не возвращается (например, в открытых системах, где вся поступающая вода разбирается на ГВС). В двухтрубных системах теплоноситель полностью или частично возвращается к источнику тепла, где он подогревается и восполняется. Многотрубные системы устраивают при необходимости выделения отдельных видов тепловой нагрузки (например, ГВС), что упрощает регулирование отпуска тепла. Циркуляционный контур ГВС позволяет, в частности, всегда поддерживать заданную температуру воды перед раздачей потребителю, тем самым снижая ее расходы.

В соответствии с Правилами учета тепловой энергии, в открытых и закрытых системах теплоснабжения на узле учета тепловой энергии и теплоносителя с помощью прибора (приборов) должны определяться следующие величины:

- время работы приборов узла учета;
- полученная тепловая энергия;
- масса (или объем) полученного теплоносителя по подающему трубопроводу и возвращенного по обратному трубопроводу;
- масса (или объем) полученного теплоносителя по подающему трубопроводу и возвращенного по обратному трубопроводу за каждый час;
- среднечасовое и среднесуточное значение температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах узла учета.

Все вышеперечисленные сведения необходимы для разработки проекта УКУТ. Часть информации можно почерпнуть из технических условий на теплосистему, паспортов систем отопления, горячего водоснабжения, вентиляции, паспорта узла присоединения, договора на теплоснабжение, часть в ходе обследования объекта.

Проделанная подготовительная работа позволяет определить алгоритм расчета количества тепловой энергии, то есть формулу подсчета тепла для данного объекта.

Таким образом, минимально необходимое количество оборудования определяется Правилами учета тепловой энергии, требованиями энергоснабжающей организации. В соответствии с которыми, выбор приборов для использования на узле учета потребителя осуществляет потребитель по согласованию с энергоснабжающей организацией. В некоторых случаях, наличие дополнительных преобразователей обусловлено требованием теплоснабжающей организации или необходимостью дополнительного контроля параметров теплосети.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УЗЛА КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ТЕПЛА

2.1 Проектирование узла коммерческого учета тепла

2.1.1 Общие данные

Узел учета тепловой энергии, потребляемой жилым домом выполнен с применением тепловычислителя ТЭКОН 19. Все приборы сертифицированы и допущены к применению в Российской Федерации.

Система предназначена для коммерческого учета тепловой энергии и параметров теплоносителя, отпускаемого на нагрузки жилого дома Система коммерческого учета потребления тепловой энергии и теплоносителя комплектуется:

- преобразователями расчетно-измерительными ТЭКОН-19 (исполнение 06М);
- преобразователями расхода Метран 300ПР;
- преобразователями температуры КТСП-Н (на отопление), ТПТ-19 (на ГВС);- преобразователями давления «Коммуналец» СДВ-И.

Все приборы сертифицированы и допущены к применению в Российской Федерации.

2.1.2 Характеристика схемы потребления тепловой энергии

Наименование энергоснабжающей организации – ПАО «Т плюс», филиал «Свердловский»:

- система отпуска тепловой энергии на нагрузки потребителя от тепловых сетей: 4-трубная (один ввод);
- схема подключения - зависимая, закрытая;

Система ГВС – централизованная, отдельным трубопроводом Ду 80, циркуляция ГВС осуществляется трубопроводом Ду 50.

Сетевая вода на отопление поступает по подающему трубопроводу Ду 100 в узел учёта, откуда разводится в нагрузки. Отдав тепло отопительной системе, вода по обратному трубопроводу Ду 100 возвращается в теплосеть. Абонент, подключенный к тепловой сети после узла учета - многоквартирный жилой дом $Q_{\text{отоп}} = 0,711 \text{ Гкал/час}$, $Q_{\text{гвс}} = 0,1353 \text{ Гкал/час}$. Параметры теплоносителя приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры теплоносителя

| Наименование параметра | Ед. изм. | Значение параметра |
|--|---------------------|--------------------|
| Теплопотребление: | | |
| - общее | Гкал/ч | 0,8463 |
| - на отопление | Гкал/ч | 0,7110 |
| - на ГВС | Гкал/ч | 0,1353 |
| Расход воды на ГВС | т/сут т/ч | 54,12 2,255 |
| Максимальный расход воды в трубопроводах : | | |
| - отопления | т/ч | 11,85 |
| - подачи ГВС | т/ч | 8,21 |
| - циркуляции ГВС | т/ч | 2,8 |
| Температурный график на отопление | °С | 130 / 70 |
| Температура воды в трубопроводе подачи ГВС | °С | 60 |
| Температура воды в трубопроводе циркуляции ГВС | °С | 50 |
| Температура воды холодного источника | °С | 0 |
| Избыточное давление, не более | | |
| - в подающем трубопроводе отопления | кгс/см ² | 7,0 |
| - в обратном трубопроводе отопления | кгс/см ² | 6,0 |
| - в трубопроводе подачи ГВС | кгс/см ² | 6,0 |
| - в трубопроводе циркуляции ГВС | кгс/см ² | 4,0 |

Учет тепловодопотребления ведется по четырем трубопроводам и включает в себя:

- измерение параметров теплоносителя согласно таблице 4;
- расчет и хранение в часовых, суточных, месячных архивах значений потребленного тепла, а также расходов, давлений и температур теплоносителя;
- регистрацию параметров расхода, давления температуры и количества тепла на глубину: 384 часа, 365 суток, 12 месяцев.

Таблица 4 - Измерение параметров теплоносителя

| Трубопровод в составе УКУТ | Измеряемые параметры | | |
|--------------------------------|----------------------|---|---|
| | Р | Т | G |
| Подающий трубопровод отопления | Р | Т | G |
| обратный трубопровод отопления | Р | Т | G |
| трубопровод подачи ГВС | Р | Т | G |
| трубопровод циркуляции ГВС | - | Т | G |

В работе используются приборы и средства измерения, указанные в таблице 5.

Таблица 5 - Приборы и средства измерения

| Измеряемый параметр | Тип датчика |
|--|------------------------|
| Теплоэнергоконтроллер | ТЭКОН 19-06М |
| Датчик расхода в подающем трубопроводе отопления | Метран 300ПР-50 |
| Датчик расхода в обратном трубопроводе отопления | Метран 300ПР-50 |
| Датчик расхода в трубопроводе подачи ГВС | Метран 300ПР-32 |
| Датчик расхода в трубопроводе циркуляции ГВС | Метран 300ПР-25 |
| Датчик температуры в подающем трубопроводе отопления | парный комплект КТСП-Н |
| Датчик температуры в обратном трубопроводе отопления | |
| Датчик температуры в трубопроводе подачи ГВС | ТПТ-19 |
| Датчик температуры в трубопроводе циркуляции ГВС | ТПТ-19 |
| Датчик давления в подающем трубопроводе отопления | «Коммуналец» СДВ-И |
| Датчик давления в обратном трубопроводе отопления | «Коммуналец» СДВ-И |
| Датчик давления в подающем трубопроводе ГВС | «Коммуналец» СДВ-И |

Характеристика примененных средств измерения приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Характеристика примененных средств

| Средство измерения | Диапазон | Погрешность | Мин.измерения |
|--------------------------|--------------------------|--|---------------|
| Метран 300ПР-50 | 2,0 – 50,0 м3/час | 1 % | 0,4 м3/час |
| Метран 300ПР-32 | 1,0 – 20,0 м3/час | 1 % | 0,25 м3/час |
| Метран 300ПР-25 | 0,6 – 9,0 м3/час | 1 % | 0,18 м3/час |
| «Коммуналец» СДВ-И | 1,6 МПа | 0,5% | 0,0 МПа |
| КТСП-Н | 0 - 160,0 0С | $\pm(0,5+3\Delta t_{\min}/\Delta t)$ % | 0,0 0С |
| ТПТ-19 | -50 – 130 0С | | -50 0С |
| ТЭКОН 19М | | | |
| - сопротивление | 50 – 250 Ом | 0,04 | |
| - сила тока | 0 – 20 мА | 0,02 | |
| - температура | -73 – 200 С | 0,004 % | |
| - давление | в диапазоне ИП | 0,0001 % | |
| - расхода, объема, массы | 0 – 10 ⁶ т/ч | 0,1 % | |
| - тепловой энергии | 0 – 10 ⁶ Гкал | 0,15 % | |

В данном проекте применяется следующая система обозначения и маркировки:

- датчики: способ обозначения элементов комбинированный, вида A_m, n , (например, $A2.2$), где:
 - $m = 1$ - подающий трубопровод сетевой воды отопления;
 - $m = 2$ - обратный трубопровод сетевой воды отопления;
 - $m = 3$ - подающий трубопровод ГВС;
 - $m = 4$ - трубопровод циркуляции ГВС;
 - $n = 1$ - первичные преобразователи расхода;
 - $n = 2$ - вторичные преобразователи расхода;
 - $n = 3$ - датчики давления;
 - $n = 4$ - датчики температуры;
- провода: маркировка комбинированная трехразрядная, вида ABC (например, 123), где:
 - $A = 1$ - приборы расхода;
 - $A = 2$ - приборы температуры;
 - $A = 3$ - приборы давления;
 - B - номер технологического объекта:
 - $B = 1$ - подающий трубопровод сетевой воды отопления;
 - $B = 2$ - обратный трубопровод сетевой воды отопления;
 - $B = 3$ - подающий трубопровод ГВС;
 - $B = 4$ - трубопровод циркуляции ГВС;
 - C - номер провода в группе (при полярных сигналах, как правило, нечетный провод положительной, четный - отрицательной полярности);
- маркировка проводов питания и дополнительного оборудования комбинированная двухразрядная, вида RS (например, 21), где:
 - R – порядковый номер оборудования;
 - S – номер кабеля в группе.

Оборудование шкафа УКУТ: способ обозначения элементов комбинированный, вида MN (например, 1А), где: М – порядковый номер оборудования в шкафу; N – порядковая литера шкафа (по алфавиту).

2.1.3 Порядок расчета за потребленную тепловую энергию.

В отопительный период абонент рассчитывается по формулам:

- за тепловую энергию:

$$Q_{\text{потр}} = Q_{\text{под.от}} - Q_{\text{обр.от}} + Q_{\text{под.гвс}} - Q_{\text{цирк.гвс}} = G_{\text{под.от}} * (H_{\text{под.от}} - H_{\text{хи}}) * 10^{-3} - G_{\text{обр.от}} * (H_{\text{обр.от}} - H_{\text{хи}}) * 10^{-3} + G_{\text{под.гвс}} * (H_{\text{под.гвс}} - H_{\text{хи}}) * 10^{-3} - G_{\text{цирк.гвс}} * (H_{\text{цирк.гвс}} - H_{\text{хи}}) * 10^{-3}, \quad [\text{Гкал}];$$

- за потребленное количество горячей воды:

$$G_{\text{потр}} = G_{\text{под.гвс}} - G_{\text{цирк.гвс}} \quad [\text{тонн}],$$

где $Q_{\text{под.от}}$ ($Q_{\text{обр.от}}$) – расход тепловой энергии по подающему (обратному) трубопроводу отопления, рассчитанный тепловычислителем с учетом температуры холодной воды на источнике;

$G_{\text{под.от}}$ ($G_{\text{обр.от}}$) – массовый расход в трубопроводе подачи (возврата) отопления, рассчитанный тепловычислителем по показаниям датчика расхода;

$H_{\text{под.от}}$ ($H_{\text{обр.от}}$) – энтальпия прямой (обратной) воды в системе отопления;

$H_{\text{хи}}$ – энтальпия воды холодного источника.

$Q_{\text{под.гвс}}$ ($Q_{\text{цирк.гвс}}$) – расход тепловой энергии по подающему (циркуляционному) трубопроводу горячего водоснабжения, рассчитанный тепловычислителем с учетом температуры холодной воды на источнике;

$G_{\text{под.гвс}}$ ($G_{\text{цирк.гвс}}$) – массовый расход в трубопроводе подачи (циркуляции) горячего водоснабжения рассчитанный тепловычислителем по показаниям датчика расхода;

$H_{\text{под.гвс}}$ ($H_{\text{цирк.гвс}}$) – энтальпия воды в системе подачи (циркуляции) горячего водоснабжения.

В летний период абонент рассчитывается по формулам:

- за тепловую энергию:

$$Q_{\text{потр}} = Q_{\text{под.гвс}} - Q_{\text{цирк.гвс}};$$

$$Q_{\text{потр}} = G_{\text{под.гвс}} \cdot (H_{\text{под.гвс}} - H_{\text{хи}}) \cdot 10^{-3} - G_{\text{цирк.гвс}} \cdot (H_{\text{цирк.гвс}} - H_{\text{хи}}) \cdot 10^{-3} \quad [\text{Гкал}];$$

- за потребленное количество горячей воды:

$$G_{\text{потр}} = G_{\text{под.гвс}} - G_{\text{цирк.гвс}} \quad [\text{тонн}].$$

где $Q_{\text{под.гвс}}$ ($Q_{\text{цирк.гвс}}$) – расход тепловой энергии по подающему (циркуляционному) трубопроводу горячего водоснабжения, рассчитанный тепловычислителем с учетом температуры холодной воды на источнике;

$G_{\text{под.гвс}}$ ($G_{\text{цирк.гвс}}$) – массовый расход в трубопроводе подачи (циркуляции) горячего водоснабжения рассчитанный тепловычислителем по показаниям датчика расхода;

$H_{\text{под.гвс}}$ ($H_{\text{цирк.гвс}}$) – энтальпия воды в системе подачи (циркуляции) горячего водоснабжения [10].

2.1.4 Расчет расходных характеристик теплоснабжения объекта

Отопление

Максимальный расход:

$$G_{\text{омах}} = \frac{Q_{\text{омах}} \times 1000}{t_1 - t_2} = \frac{0,711 \times 1000}{130 - 70} = 11,85 \text{ т/ч},$$

где $G_{\text{омах}}$ – максимальный расход воды на отопление, т/ч;

$Q_{\text{омах}}$ – максимальный тепловой поток на отопление, Гкал/ч;

t_1 – температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети, °С;

t_2 – температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети, °С.

Горячее водоснабжение

Средний тепловой поток:

$$Q_{\text{hm}} = \frac{G_{\text{hm}} \times (t_{\text{гвс}} - t_{\text{хл}})}{24 \times 1000} = \frac{56 \times (60 - 0)}{24000} = 0,1353 \text{ Гкал/ч};$$

где Q_{hm} – среднечасовой тепловой поток на горячее водоснабжение, Гкал/ч;

G_{hm} – среднесуточный расход воды на горячее водоснабжение, т/сут;

$t_{гвс}$ – температура воды поступающей в систему горячего водоснабжения, °С;

$t_{хи}$ – температура холодной воды (водопроводной), °С.

Максимальный тепловой поток:

$$Q_{hmax} = 2,4 \text{ Гкал / час}, Q_{hm} = 2,4 \cdot 0,1353 = 0,325 \text{ Гкал/ч};$$

где Q_{hmax} – максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение, Гкал/ч;

2,4 – коэффициент часовой неравномерности разбора ГВС.

Максимальный расход:

$$G_{hmax} = \frac{Q_{hmax} \times 1000}{t_{гвс} - t_{хи}} = \frac{0,336 \times 1000}{60 - 0} = 5,41 \text{ т/ч},$$

где G_{hmax} – максимальный расход воды на горячее водоснабжение, т/ч.

При отсутствии данных по расходам воды на циркуляцию рекомендуется определять эту величину по следующим приближенным зависимостям (см. СНиП 2.04.01-85 и СП 41-101-95):

$$Q_n = K_n \cdot Q_{hm} = 0,2 \cdot 0,1353 = 0,027 \text{ Гкал/ч};$$

$$G_{цирк} = \frac{Q_n \cdot 1000}{\Delta T} = 2,8 \text{ т/ч},$$

где $G_{цирк}$ – средний расход на циркуляцию ГВС, т/ч;

Q_{hm} – средний тепловой поток на горячее водоснабжение, Гкал/ч;

$\Delta T = 10$ °С – перепад температур сетевой воды в подающем и циркуляционном трубопроводах;

Q_n – потери тепла трубопроводами ГВС с учетом полотенцесушителей;

K_n – коэффициент, учитывающий потери тепла: $K_n = 0,1-0,15$ – для систем ГВС без полотенцесушителей, $K_n = 0,2-0,35$ – для систем ГВС с полотенцесушителями.

Максимальный расход в подающем трубопроводе ГВС:

$$G_{под.гвс} = G_{hmax} + G_{цирк} = 5,41 + 2,8 = 8,2 \text{ т/ч},$$

где $G_{под.гвс}$ – максимальный расход в трубопроводе подачи ГВС, т/ч.

2.1.5 Нормативные требования

Требования к метрологическому обеспечению:

- все приборы, входящие в УКУТ, и участвующие в коммерческом учете, должны быть занесены в Государственный Реестр средств измерения и допущены к применению в Российской Федерации;
- в УКУТ должны применяться средства измерения, прошедшие государственную метрологическую аттестацию.
- приведенная погрешность технических и программных преобразователей измеренных сигналов датчиков не должна превышать значений, указанных в технической документации на приборы;
- относительная погрешность приборов УКУТ при определении тепловой энергии не должна превышать:
 - 5,0 % при разности температур в подающем и обратном трубопроводах от 10 до 20 °С;
 - 4,0 % при разности температур в подающем и обратном трубопроводах более 20 °С.

Требования к документации:

- в комплект документации должны входить следующие документы:
 - паспорта на приборы, входящие в УКУТ;
 - комплект принципиальных и электромонтажных схем по ГОСТ 34.201-89;
 - свидетельства о госповерке средств измерений.

Допуск в эксплуатацию узла учета тепловой энергии:

- допуск в эксплуатацию узла учета расхода тепла и теплоносителя должен производиться в соответствии с “Правилами коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя от 18.03.2014 г.” и требованиями энерго-снабжающей организации;

- по окончании работ по установке приборов узла учета расхода тепла и теплоносителя, проектная и исполнительная документация на узел учета сдается в ПТО энергоснабжающей организации.

Общие требования к УКУТ:

- УКУТ должен быть выполнен в соответствии с «Правилами коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя» от 18.03.2014 г.;
- УКУТ должен работать в реальном масштабе времени при круглосуточном функционировании;
- работа пользователя с УКУТ не должна вызывать изменение информации и режима работы, не предусмотренные разработчиками;
- изменения алгоритма учета потребления тепла и теплоносителя выполняется введением коэффициентов, определяемых проектом [18].

2.1.6 Требования к функциям, выполняемым узлом коммерческого учета

Система должна проводить:

- циклические измерения расхода и температуры теплоносителя;
- циклический расчет мгновенных значений расходов теплоносителя и количества тепла по каждому из контролируемых трубопроводов;
- автоматический расчет расходов теплоносителя и количества тепла по каждому из контролируемых трубопроводов за час, сутки, месяц;
- автоматический расчет потребления количества тепла на отопление и ГВС за час, сутки, месяц;
- регистрацию параметров расхода в подающем и обратном трубопроводах нарастающим итогом с момента запуска;

- регистрацию параметров количества тепловой энергии, отпущенной по подающему и обратному трубопроводу сетевой воды нарастающим итогом с момента запуска в эксплуатацию;

- хранение результатов расчетов, выполняемых по пп. 4 - 6, в течение фиксированных промежутков времени:

- часовые на глубину 98 часов;
- суточные на глубину 30 суток;
- месячные на глубину 12 месяцев.

2.1.7 Требования к надежности

Отказом УКУТ следует считать событие невозможности использования информации о количестве потребляемой воды и тепловой энергии для коммерческих расчетов. Критерием отказа считать невыполнение функций по расчету количества воды и тепловой энергии в трубопроводе.

Количественные показатели надежности должны быть:

- средняя наработка на отказ не менее 15000 часов;
- среднее время восстановления работоспособного состояния не более 4 часов;
- средний срок службы не менее 10 лет.

Ремонтные и профилактические работы должны совмещаться с ремонтом технологического оборудования.

2.1.8 Требования к месту установки узла коммерческого учета

УКУТ должен быть работоспособен в режиме круглосуточной эксплуатации при воздействии следующих климатических и механических факторов:

- температура окружающего воздуха от 0 до 40 град.С;
- относительная влажность воздуха от 40 до 80 %;

- атмосферное давление от 84 до 107 кПа;
- вибрация частотой.10 - 57 Гц;
- вибрация амплитудой.0.075 мм;
- среда не взрывоопасная;
- содержание пыли и газов в пределах санитарных норм.

2.1.9 Требования к защите от несанкционированного доступа

Вмешательство в работу УКУТ должно быть доступно поставщику и потребителю тепловой энергии по согласованию между ними. Прочие пользователи должны иметь доступ к информации без вмешательства в работу системы. Доступ к изменению информации, содержащейся в ТЭКОН, должен быть закрыт паролем.

Работа оператора с УКУТ не должна вызывать изменение информации и режима работы, не предусмотренные разработчиками приборов.

2.1.10 Расчетные формулы вычисления тепловой энергии

Система реализовывает следующие алгоритмы (формулы) расчета тепловой энергии:

В отопительный период тепло, потребленное на отопление здания определяется по формуле для закрытого теплообменного контура при равенстве массовых расходов в подающем и обратном трубопроводах:

$$Q_{om} = \int_{\tau_0}^{\tau_1} G_1 \cdot (h_1 - h_2) \cdot d\tau \quad (8)$$

где Q_{om} – потребленное количество тепловой энергии нагрузкой отопления жилого дома;

G_1 – массовый расход теплоносителя в подающем трубопроводе отопления;

h_1 – энтальпия теплоносителя в подающем трубопроводе отопления;

h_2 - энтальпия теплоносителя в обратном трубопроводе отопления.

Тепло, потребленное на горячее водоснабжение (ГВС) определяется по формуле 1 МИ 2553-99 для открытого теплообменного контура при неравенстве массовых расходов в подающем и обратном трубопроводах:

$$Q_{гвс} = \int_{\tau_0}^{\tau_1} G_3 \cdot (h_3 - h_{хв}) \cdot d\tau - \int_{\tau_0}^{\tau_1} G_4 \cdot (h_4 - h_{хв}) \cdot d\tau \quad (9)$$

где: $Q_{гвс}$ – потребленное количество тепловой энергии на горячее водоснабжение;

G_3 – массовый расход теплоносителя в подающем трубопроводе горячего водоснабжения (ГВС);

G_4 – массовый расход теплоносителя в трубопроводе циркуляции ГВС;

h_3 – энтальпия теплоносителя в подающем трубопроводе ГВС;

h_4 – энтальпия теплоносителя в трубопроводе циркуляции ГВС;

$h_{хв}$ – энтальпия холодной воды.

Потребленное количество тепловой энергии определяется по формуле:

$$Q_{отгр} = Q_{от} + Q_{гвс}.$$

Расход воды на ГВС определяется по формуле

$$G_{отгр.гвс} = G_3 - G_4$$

2.1.11 Метрологические характеристики

Относительная погрешность измерения и вычисления тепловой энергии оценивается в соответствии с документом МИ 2553-99 "ГСИ. Энергия тепловая и теплоноситель в системах теплоснабжения: «Методика оценивания погрешности измерений».

Метод расчета погрешности измерения тепла

В соответствии с указанной методикой при использовании цифровых тепловычислителей относительную погрешность вычисления тепловой энергии оценивают по формуле:

$$\delta_Q = \delta_Q^e + \delta_Q^u + \delta_Q^d, \quad (10)$$

где δ_Q – отн. погрешность измерения и вычисления количества потребленной тепловой энергии;

δ_Q^e – отн. погрешность вычисления количества потребленного тепла тепловычислителем (указывается в паспорте тепловычислителя);

δ_Q^u – отн. погрешность измерения количества потребленного тепла;

δ_Q^d – отн. погрешность обусловленная дискретностью показаний тепловой энергии, связанная с циклами работы тепловычислителя.

Относительная погрешность измерения количества потребленного тепла δ_Q^u для закрытого теплообменного контура (отопление) рассчитывается по формуле:

$$\delta_Q^u = \delta_{M1} + \left(\frac{\delta_{h1} - n \cdot \delta_{h2}}{1 - n} \right); \quad (11)$$

где δ_{M1} – отн. погрешность измерений массового расхода или массы теплоносителя в подающем (обратном) трубопроводе;

$\delta_{h1}, (\delta_{h2})$ – отн. погрешность измерений энтальпии теплоносителя в подающем (обратном) трубопроводе;

$$n = \frac{h2}{h1} \approx \frac{T2}{T1} \quad (12)$$

где $h1, h2$ – энтальпия теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах;

$T1, T2$ – температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах.

При отсутствии существенной корреляции между погрешностями и доверительной вероятностью, близкой к 0,95, относительные погрешности измерения и вычисления массы и энтальпии теплоносителя вычисляются по формуле:

$$\delta_{M1} = \sqrt{(\delta_{V1}^u)^2 + (\delta_{V1}^B)^2 + (\delta_{M1}^B)^2} \quad (13)$$

$$\delta_{h1} = \sqrt{(\delta_{T1}^u)^2 + (\delta_{T1}^B)^2 + (\delta_{h1}^B)^2} \quad (14)$$

$$\delta_{h2} = \sqrt{(\delta_{T2}^u)^2 + (\delta_{T2}^B)^2 + (\delta_{h2}^B)^2} \quad (15)$$

где: δ_{V1}^u , δ_{V2}^u – отн. погрешность измерения объема теплоносителя тепловычислителем по каналу измерения расхода (указывается в паспорте тепловычислителя);

δ_{V1}^B , δ_{V2}^B – отн. погрешность вычисления объема теплоносителя тепловычислителем (указывается в паспорте тепловычислителя);

δ_{M1}^B , δ_{M2}^B – отн. погрешности вычисления массы теплоносителя тепловычислителем (указывается в паспорте тепловычислителя);

δ_{T1}^u , δ_{T2}^u – отн. погрешности измерения температуры теплоносителя тепловычислителем по каналу измерения температуры (указывается в паспорте тепловычислителя);

δ_{T1}^B , δ_{T2}^B – отн. погрешности вычисления температуры теплоносителя тепловычислителем (указывается в паспорте тепловычислителя);

δ_{h1}^B , δ_{h2}^B – отн. погрешности вычисления энтальпии теплоносителя тепловычислителем (указывается в паспорте тепловычислителя);

Относительная погрешность обусловленная дискретностью показаний тепловой энергии, связанная с циклами работы тепловычислителя δ_Q^∂ вычисляется по формуле:

$$\delta_Q^\partial = \frac{\Delta \cdot 100\%}{Q} = \frac{2 / 3600 \cdot Q \cdot 100\%}{Q} = 0,056\% \quad (16)$$

Поскольку цикл работы тепловычислителя ТЭКОН 19 составляет не более 2 секунд, то погрешность, связанная с циклами работы вычислителя составляет $\delta_Q^\partial = 0,056\%$.

Погрешность вычисления расхода воды на горячее водоснабжение определяется по формуле:

$$\delta_{\text{ГВС}} = \sqrt{(\delta_{V3}^u)^2 + (\delta_{V3}^B)^2 + (\delta_{V4}^u)^2 + (\delta_{V4}^B)^2} \quad (17)$$

где: δ_{V1}'' , δ_{V2}'' – отн. погрешность измерения объема теплоносителя расходомером (указывается в паспорте расходомера);

δ_{V1}^6 , δ_{V2}^6 – отн. погрешность вычисления объема теплоносителя тепловычислителем (указывается в паспорте тепловычислителя) [4].

Исходные данные для расчета погрешностей измерений приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Исходные данные для расчета погрешностей измерений

| Наименование параметра | Обозначение | Ед. изм | Значение |
|---|-------------|---------|----------|
| Исходные данные теплоносителя | | | |
| Расчетный расход в подающей трубе | V1 | м3/ч | 9,7 |
| Максимальная температура в подающем трубопроводе | T1 | град. С | 130 |
| Средняя за сезон температура в подающем трубопроводе | T1 | град. С | 100 |
| Расчетная температура в обратном трубопроводе | T2 | град. С | 70 |
| Исходные данные преобразователей | | | |
| Относительная погрешность измерения преобразователя расхода | | % | 1 |
| Абсолютная погрешность измерения T1 | | град. С | 0,28 |
| Абсолютная погрешность измерения T2 | | град. С | 0,22 |
| Относительная погрешность измерения T1 | | % | 0,21538 |
| Относительная погрешность измерения T2 | | % | 0,31429 |
| Исходные данные тепловычислителя | | | |
| Относительная погрешность измерения канала расхода | | % | 0,0001 |
| Относительная погрешность измерения канала температуры | | % | 0,025 |
| Относительная погрешность вычисления массового расхода | | % | 0,1 |
| Относительная погрешность вычисления энтальпии | | % | 0,02 |
| Относительная погрешность вычисления тепловой энергии | | % | 0,1 |

В таблице 8 приведены результаты расчетов относительной погрешности измерения количества потребленной тепловой энергии отчужденной из тепловой сети:

- расчет №1 – расчет потребленной тепловой энергии при максимальной температуре воды в подающем трубопроводе;

- расчет №2 – расчет потребленной тепловой энергии при средней температуре воды в подающем трубопроводе;
- расчет №3 – расчет потребленной тепловой энергии при минимальной температуре воды в подающем трубопроводе.

Таблица 8 - Относительная погрешность измерения тепловой энергии

| № | Наименование параметра | Ед. изм | Расчет 1 | Расчет 2 | Расчет 3 |
|---|--|---------|-----------|-----------|----------|
| 1 | Коэффициент η | | 0,5384615 | 0,7 | 0,77778 |
| 2 | Относительная погрешность измерения $M1$ | % | 1,0049876 | 1,0049876 | 1,00499 |
| 3 | Относительная погрешность измерения $h1$ | % | 0,2177511 | 0,2177511 | 0,21775 |
| 4 | Относительная погрешность измерения $h2$ | % | 0,3159122 | 0,3159122 | 0,31591 |
| 5 | Относительная погрешность измерения Q | % | 1,1082174 | 0,9936961 | 0,87917 |
| 6 | Относительная погрешность измерения и вычисления тепловой энергии теплосчетчиком | % | 1,236 | 1,122 | 1,007 |
| 7 | Относительная погрешность измерения и вычисления расхода воды на ГВС | % | 1,421 | | |

2.2 Технический анализ

В данном проекте рассматривается разработка узла коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя на примере жилого многоквартирного дома.

Энергосберегающие технологии, контроль за расходом всех видов энергии, на сегодняшний день, являются одной из основных задач жилищно-коммунальной реформы. Всякие сбережения начинаются с учета, поэтому важной составляющей является повсеместный подсчет количества расходуемого тепла [2].

В конечном результате установка узла учета должна обеспечить не только разовую экономию денежных средств на оплату услуг теплоснабжения за счет разницы между расчетными и фактическими тепловыми потерями, но и экономию за счет отсечения потерь в распределительных тепловых сетях.

2.3 Экономическое обоснование

2.3.1 Расчет размера капитальных вложений

Капитальные вложения на установку УКУТ состоят из затрат на приобретение оборудования, материалов, комплектующих, транспортных расходов, затрат на установку и монтаж оборудования и комплектующих и т.д.

Расчет затрат на оборудование, материалы, комплектующие приведен в таблице 9.

Таблица 9 - Расчет затрат на оборудование

| Наименование | Ед. измерения | Необходимое количество | Цена единицы, руб. | Стоимость, руб. |
|--|---------------|------------------------|--------------------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Оборудование: | | | | |
| Преобразователь расхода Метран 300ПР-50-0,01-ТИ | шт. | 2 | 27900 | 55800 |
| Преобразователь расхода Метран 300ПР-32-0,01-ТИ | шт. | 1 | 27000 | 27000 |
| Преобразователь расхода Метран 300ПР-25-0,01-ТИ | шт. | 1 | 26000 | 26000 |
| Теплоэнергоконтроллер ТЭКОН 19-06М | шт. | 1 | 19000 | 19000 |
| Блок питания БП-63 | шт. | 1 | 3000 | 3000 |
| Датчик температуры в подающем и обратном трубопроводе отопления – парный комплект КТСП-Н | шт. | 1 | 2950 | 2950 |
| Датчик температуры в трубопроводе подачи ГВС – ТПТ - 19 | шт. | 1 | 1160 | 1160 |
| Датчик температуры в трубопроводе подачи ГВС – ТПТ - 19 | шт. | 1 | 1160 | 1160 |
| Датчик давления в подающем трубопроводе отопления – «Коммуналец» СДВ-И | шт. | 1 | 1160 | 1160 |

Окончание таблицы 9

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|-----|----|------|---------------|
| Датчик давления в обратном трубопроводе отопления – «Коммуналец» СДВ-И | шт. | 1 | 2570 | 2570 |
| Датчик давления в подающем трубопроводе ГВС – «Коммуналец» СДВ-И | шт. | 1 | 2570 | 2570 |
| Материалы: | | | | |
| Прокладки паронитовые, 2мм | шт. | 16 | 10 | 160 |
| Труба электросварная Ду50 1,5 м | шт. | 1 | 310 | 310 |
| Труба электросварная Ду32 1 м | шт. | 1 | 230 | 230 |
| Труба электросварная Ду25 1 м | шт. | 1 | 160 | 160 |
| Кабель МКЭШ 10х0,35 | м | 30 | 90 | 2700 |
| Кабель МКЭШ 5х0,35 | м | 70 | 64 | 4480 |
| Комплектующие: | | | | |
| Бобышка приварная | шт. | 4 | 54 | 216 |
| Гильза термометра М20х1,5 | шт. | 4 | 175 | 700 |
| Коробка клеммная КМ-20 | шт. | 2 | 156 | 312 |
| Кран повор. запорный Ду50 | шт. | 6 | 2170 | 13020 |
| Кран повор. запорный Ду80 | шт. | 2 | 3200 | 6400 |
| Отбор давления прямой | шт. | 2 | 375 | 750 |
| Переход конусный К89/57 | шт. | 2 | 154 | 308 |
| Переход конусный К57/32 | шт. | 6 | 124 | 744 |
| Розетка сетевая | шт. | 2 | 170 | 340 |
| Фланец стальной Ду50 | шт. | 12 | 156 | 1872 |
| Фланец стальной Ду80 | шт. | 4 | 238 | 952 |
| Транспортные расходы | | | | 3000 |
| Расходы на монтаж | | | | 60000 |
| Сумма | | | | 239024 |

2.3.2 Расчет срока окупаемости

Оборудование узла учета тепловой энергии и теплоносителя на тепловом пункте требует значительных единовременных капиталовложений, но в результате приводит к упорядочиванию взаимных расчетов между

сторонами теплоснабжающей организацией и теплопотребителем, а также к значительному снижению расходов абонента на оплату тепловой энергии и теплоносителя. Затраты на оборудование узла учета окупаются, как правило, в период от нескольких месяцев до нескольких лет.

Тем не менее, прежде чем принять решение об организации узла учета с каким-либо набором оборудования, следует оценить экономическую целесообразность этого мероприятия. Таким показателем экономической эффективности является срок окупаемости капиталовложений в оборудование узла учета.

Капиталовложения в узел учета (K) включают в себя затраты на основное оборудование и материалы, проектные работы, согласования, при необходимости монтажные работы с реконструкцией объекта. Чем больше расчетная нагрузка теплового пункта, тем большие капиталовложения необходимы в оборудование узла учета (K). Вместе с тем, удельные капиталовложения ($K_{уд}$) в узел учета, выражающие размер капитальных вложений, приходящийся на единицу вводимой в действие производственной мощности теплового пункта, как правило, тем меньше, чем больше расчетная нагрузка теплового пункта. Реконструкция теплового пункта необходима для соблюдения требований правил монтажа приборов учета и обеспечения возможности ремонта, обслуживания и поверки установленного оборудования.

Для оценки ожидаемого снижения ежегодных затрат на тепловую энергию и теплоноситель ($D_{Зт}$) сравним проектное потребление тепловой энергии многоквартирного дома, присоединенного к закрытой системе централизованного теплоснабжения и имеющего узел учета на тепловом пункте, с фактическим, определенным по приборам учета. Расходы ($G_{кал}$) тепловой энергии на отопление многоквартирного дома приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Расходы тепловой энергии на отопление (Гкал)

| Месяц | Проектные (норматив) | По показаниям приборов |
|---------------|-------------------------|------------------------|
| Январь | 245,73 | 201,2 |
| Февраль | 240,32 | 198,6 |
| Март | 190,1 | 145,25 |
| Апрель | 119,32 | 89,3 |
| Май | - | - |
| Июнь | - | - |
| Июль | - | - |
| Август | - | - |
| Сентябрь | 10,5 | 8,54 |
| Октябрь | 120,6 | 90,31 |
| Ноябрь | 170,9 | 84,25 |
| Декабрь | 232,45 | 190,2 |
| За год | 1329,92 | 1007,65 |

Данные таблицы 10 показывают, что фактические расходы тепловой энергии на отопление многоквартирного дома значительно меньше проектных. Такое несоответствие обусловлено следующим.

Поставщик тепловой энергии - предприятие тепловых сетей зачастую является и перепродавцом, покупая тепловую энергию от источника и рассчитываясь, как правило, по приборам учета, установленным на границе принадлежности. Купленная тепловая энергия транспортируется по тепловым сетям потребителям. У одних потребителей на вводах установлены приборы учета, по показаниям которых они рассчитываются. Для объектов, не имеющих приборов учета, потребление тепловой энергии определяется в соответствии с проектными (нормативами) нагрузками, при этом в потребление включаются еще и сверхнормативные потери на сетях поставщика.

Фактические потери в тепловых сетях, как правило, значительно превышают нормативные. Это объясняется как объективными (износ сетей, устаревшее оборудование и т.п.), так и субъективными (отсутствие наладки гидравлических и температурных режимов и т.п.) факторами. Поэтому учесть

тепловые потери в сетях в полном объеме очень сложно, и значительная их часть неизбежно относится на потребителей, не имеющих приборов учета.

Определяем срок окупаемости (Т).

Срок окупаемости (Т, лет) вычисляется как отношение объема единовременных капиталовложений в узел учета (К, руб.) к разнице между снижением ежегодных затрат на оплату тепловой энергии и теплоносителя (ΔZ_t , руб./год) и величиной ежегодных затрат на реновацию, обслуживание, ремонт и поверку приборов учета (Z_p , руб./год).

$$T = \frac{K}{\Delta Z_t - Z_p} \quad (32)$$

$$\Delta Z_t = Z_n - Z_{\phi} \quad (33)$$

где K - капиталовложения в сооружение узла учета, руб.;

ΔZ_t - снижение ежегодных затрат на тепловую энергию и теплоноситель, руб./год;

Z_n - ежегодные затраты на тепловую энергию и теплоноситель по нормативу, руб./год;

Z_{ϕ} - ежегодные затраты на тепловую энергию и теплоноситель по факту, руб./год;

Z_p - ежегодные затраты на реновацию, обслуживание, ремонт и поверку приборов узла учета, руб./год.

Исходя из данных таблицы 11, произведем расчет экономии тепловой энергии в год.

По нормативу – 1329,92 Гкал/год.

По прибору учета – 1007,65 Гкал/год.

Тариф – 1680 руб./Гкал.

Отсюда, сумма по нормативу – $1329,92 \times 1680 = 2234\,265,6$ руб/год; по прибору учета – $1007,65 \times 1680 = 1692852$ руб/год.

$\Delta Z_t = 2\,234\,265,6 - 1\,692\,852 = 541413,6$ руб/год.

Итого экономия составляет: 541413,6 руб/год

Поскольку целью ВКР не является расчет ежегодных затрат на ремонт и поверку УКУТ, возьмем приблизительную стоимость в размере 2,5% от общей стоимостиверяемых приборов, т.е. 142370 руб. $\cdot 0,025 = 3560$ руб., обслуживание УКУТ в год примерно 3500 руб. $\cdot 12$ мес. = 42 000 руб.

$$Зр = 42000 + 3560 = 45560 \text{ руб};$$

$$К = 239024 \text{ руб};$$

$$Т = 239\,024 / (541413,6 - 45560) = 0,48 \text{ лет} = 5,7 \text{ мес.}$$

Таким образом, в данном разделе были произведены расчеты размера капитальных вложений на установку узла учета тепловой энергии, а также окупаемости установленного узла учета. Исходя из данных расчетов, очевидно, что оборудование узла учета целесообразно, срок окупаемости составляет 5,7 месяца, что не превышает срок службы узла учета - 12 лет.

Установка узла коммерческого учета тепловой энергии позволяет снизить расходы тепловой энергии на отопление многоквартирного дома, а следовательно уменьшить оплату тепла для потребителей.

2.4. Методическая и оценочная часть

2.4.1 Педагогический адрес

Данное методическое обеспечение разработано для студентов СПО, обучающихся специальности 13.02.02 профессиональный модуль ПМ 01 «Эксплуатация теплотехнического оборудования и систем тепло и топливоснабжения. В ее состав входит междисциплинарный курс МДК 01.01. «Эксплуатация, расчет и выбор теплотехнического оборудования и систем тепло и топливоснабжения», в ходе которого у обучаемых формируются профессиональные компетенции ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3. Для рассмотрения выбран курс формирования профессиональной компетенции ПК 1.1. «Осуществлять пуск и останов теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения» [20].

2.4.2 Описание контроля

В данном методическом обеспечении представлен тест по теме «Узел коммерческого учета тепловой энергии», целью которого является проверка уровня освоения материала по данной специальности студентами и Практическая работа. Спецификация оценочных средств показана в таблице 11.

Таблица 11 – Спецификация оценочных средств

| Результаты освоения ПМ 01. «Эксплуатация теплотехнического оборудования и систем тепло и топливоснабжения» МДК 01.01. «Эксплуатация, расчет и выбор теплотехнического оборудования и систем тепло и топливоснабжения» | Критерии оценивания | Виды оценочных средств |
|---|--|-----------------------------------|
| <i>Уметь:</i> Определять количество поставленной (полученной) тепловой энергии, теплоносителя в целях коммерческого учета (в том числе расчетным путем). | Определяет количество поставленной (полученной) тепловой энергии, теплоносителя в целях коммерческого учета (в том числе расчетным путем) | Задание №1 Практическая работа |
| <i>Знать:</i> Устройство, принцип действия и характеристики узлов учета тепловой энергии Правила и технические средства учета и контроля потребления тепловой энергии | Знает составляющие теплотехнического оборудования Знает Правила учета тепловой энергии и теплоносителя | Задание №2 Тест |
| Методы проведения измерений и анализа полученных данных с целью оптимизации энергопотребления | Знает методы проведения и анализа данных | Задание №2 Тест |
| <i>Владеть:</i> Методикой осуществления коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя Федеральным законом «О теплоснабжении», Правилами учета коммерческой тепловой энергии | Владеет методикой коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя Владеет Федеральным законом «О теплоснабжении», Правилами учета коммерческой тепловой энергии | Задание №1 Практическая работа |

Для студентов разработаны средства контроля, представленные в виде практической работы и тестовых заданий.

Задание №1. Практическое задание.

Практическая работа представляет собой задачу на определение достоверности работы узла коммерческого учета тепла. Задача представлена в 15 вариантах. Исходные данные для решения задачи выбираются по номеру задания, определяемому преподавателем. В процессе решения задач обязательно должны быть сделаны выводы и предложены рекомендации по устранению выявленных недостатков и ошибок.

На рисунке 10 изображена принципиальная схема теплоснабжения предприятия для нужд отопления и вентиляции. От источника теплоты по трубопроводам тепловой сети в центральный тепловой пункт предприятия (ЦТП) поступает теплоноситель с температурным графиком 150/70. В ЦТП осуществляется подготовка воды в соответствии с графиком 105/70 в зависимости от температуры наружного воздуха. Подготовка температурного режима осуществляется путем смешения теплоносителя, поступающего от источника теплоты с охлажденной водой из обратного трубопровода. Подготовленная вода поступает на нагрузки отдельных зданий предприятия.

На границе балансовой ответственности предприятия установлен узел коммерческого учета (точки измерения 1 и 2). Точки измерения 3, 4 и 5 являются местом установки приборов технического учета в ЦТП предприятия.

По данным измерений расходов и температур узлов учета на источнике теплоты (точки измерения 1 и 2) и ЦТП (точки измерения 3, 4, 5) оцените достоверность работы приборов. Сделайте выводы и предложите меры для исключения финансовых потерь предприятия при покупке тепловой энергии [6].

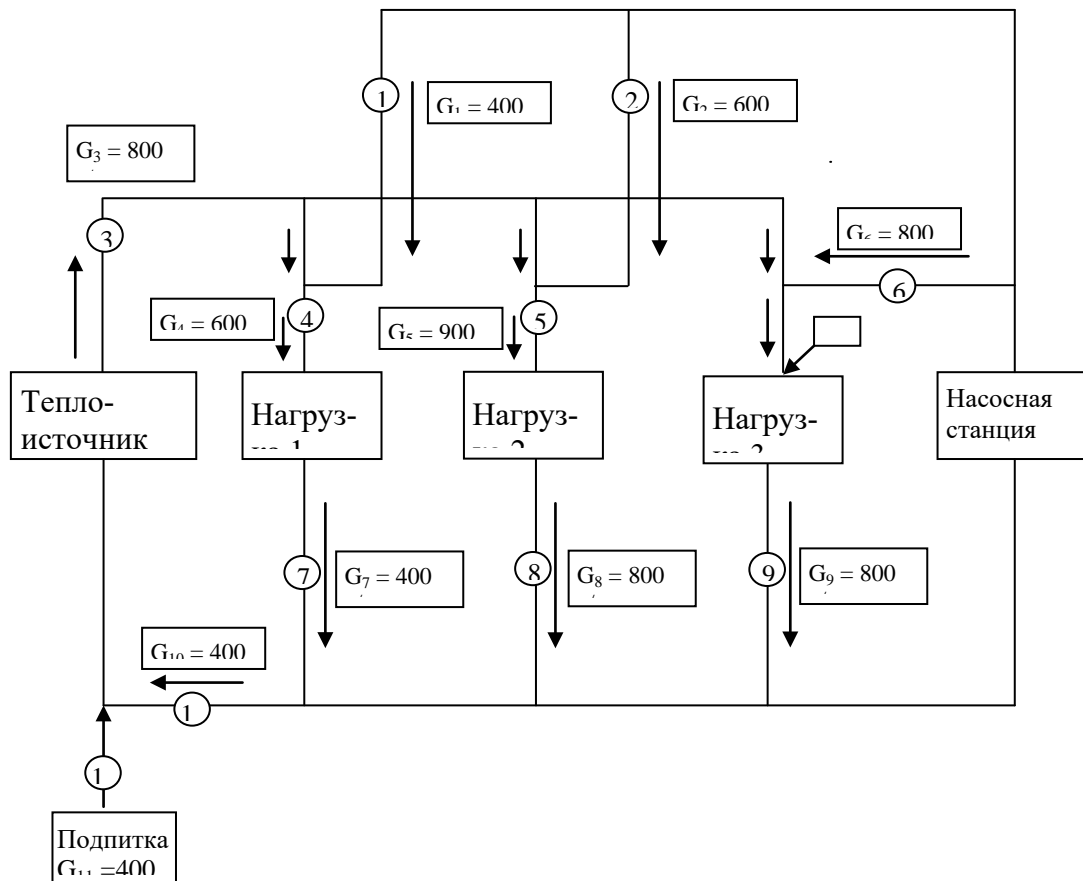


Рисунок 10 - Принципиальная схема теплоснабжения района:
1, 2 – Точки измерения на подающем и обратном трубопроводах источника теплоты; 3 – точка измерения на линии подмешивания ЦТП; 4, 5 – точки измерения на подающем и обратном трубопроводах на выводе ЦТП в квартальную сеть.

Задание №2. Тест.

Тестовые задания состоят из 15 вопросов. В каждом задании нужно выбрать один или несколько вариантов ответов, или сопоставить значения. Каждое задание оценивается по одному баллу.

Критерии оценивания: 10 правильных ответов – «Сдано», менее – «Не сдано».

1. В каком случае не учитываются показания узла учета тепловой энергии потребителя во взаимных расчетах абонента и энергоснабжающей организации? Выберите номер правильного ответа:

а) Узел учета на источнике имеет приборы более высокого класса точности

б) Истек срок действия Государственной поверки хотя бы одного из приборов

в) Это соответствует договору энергоснабжения

г) Есть решение энергоснабжающей организации

2. Какие условия необходимо обеспечить при измерении расхода и количества вещества в движущемся потоке? Выберите номер правильного ответа:

а) Установившиеся параметры потока и режим течения

б) Совместимость датчика и текущей среды

в) Хорошую обтекаемость рабочего элемента датчика

г) Температуру среды не ниже $+ 10^{\circ}\text{C}$

3. Что такое «норма потребления энергии (энергоносителя)»? Выберите номер правильного ответа:

а) Это минимальное или предельное количество энергии (энергоносителя), допускаемое проектом или планом

б) Это установленная мера расхода энергоресурса на единицу продукции, работы или услуги

в) Это мера узаконенного удельного расхода топливно-энергетических ресурсов на производство единицы продукции, работы или услуги установленного качества в условиях их эффективного использования

г) Допустимая величина расхода энергоресурса на производство единицы продукции.

4. Что является границей балансовой принадлежности тепловых сетей? Выберите номер правильного ответа:

а) Линия на теплопроводе, нанесенная цветом, соответствующим виду теплоносителя

б) Линия раздела элементов тепловых сетей между владельцами по признаку собственности, аренды или полного хозяйственного ведения

в) Фланец задвижки энергоснабжающей организации на трубопроводе, по которому производится отпуск теплоносителя в тепловую сеть.

5. Что называется приборами учета? Выберите номер правильного ответа:

- а) Устройства для измерения физических величин
- б) Средства измерения и другие технические средства, которые выполняют одну или несколько функций: измерение, накопление, хранение, отображение информации о количестве (расходе) энергии (энергоносителя), температуре, давлении энергоносителя и времени работы приборов

в) Совокупность средств измерения энергоснабжающей организации (абонента)

6. Что вкладывается в понятие «измерение»? Выберите номер правильного ответа:

- а) Нахождение значения величины опытным путем с помощью специальных технических средств
- б) Использование приборов в соответствии с техническим регламентом
- в) Производство замеров на объектах

7. Какой величины не должна превышать погрешность измерения тепловой энергии горячей воды теплосчетчиком? Выберите номер правильного ответа:

- а) $\pm 2 \%$
- б) $\pm 4 \%$
- в) $\pm 5 \%$
- г) $\pm 5 \%$ при разности температур в подающей и обратной трубе до 20°C ;
- д) $\pm 4 \%$ при разности температур более 20°C

8. С какой погрешностью должны обеспечивать измерение текущего времени приборы учета для регистрации времени? Выберите номер правильного ответа:

- а) $0,5 \%$
- б) $1,0 \%$

в) 0,1 %

г) 0,2 %

9. Каким образом обеспечивается качественное регулирование в системе теплоснабжения? Выберите номер правильного ответа:

а) Изменением температуры греющей воды

б) Изменением расхода греющей воды

в) Изменением температуры обратной воды

10. Коммерческий учет тепловой энергии, теплоносителя осуществляется во всех точках поставки и точках приема, включая:

Выберите несколько правильных вариантов ответа:

а) Границы балансовой принадлежности (эксплуатационной ответственности) между источником тепловой энергии, теплоносителя и тепловой сетью, или потребителем, непосредственно присоединенным к коллекторам (выходным трубопроводам) источника тепловой энергии, теплоносителя;

б) Границы балансовой принадлежности между смежными тепловыми сетями;

в) Границы балансовой принадлежности между тепловой сетью и потребителем;

г) Границы балансовой принадлежности между ЦТП и потребителем.

11. Теплосчетчики в тепловых сетях должны регистрировать за час (сутки, отчетный период) количество полученной тепловой энергии, а также следующие параметры:

Выберите несколько правильных вариантов ответа.

а) Массу теплоносителя, полученного по подающему трубопроводу;

б) Массу теплоносителя, возвращенного по обратному трубопроводу (в случае установки двух расходомеров);

в) Среднее значение температуры теплоносителя за час;

г) Среднее значение давления теплоносителя за час;






д) Массу теплоносителя, использованного на подпитку;

е) Время работы теплосчетчика в штатном и нештатном режимах.

12. Сопоставьте порядковой номер величины и букву ее определения из таблицы.

| | |
|-------------|--|
| 1. M_i | А) удельная энтальпия холодной воды, используемой для подпитки на вводе источника тепловой энергии |
| 2. h_{XB} | Б) нормативный удельный расход топлива на отпущенную тепловую энергию |
| 3. β | В) низшая теплота сгорания топлива |
| 4. T_o | Г) масса теплоносителя в подающем или обратном трубопроводе, определенная за интервал времени |
| 5. Q_p^k | Д) время начала отчетного периода |

13. Сопоставьте порядковой номер обозначения элемента на схемах и букву его определения из таблицы.

| | |
|--|------------------------|
| 1.  | А) обратный клапан |
| 2.  | Б) запорное устройство |
| 3.  | В) теплообменник |
| 4.  | Г) элеватор |
| 5.  | Д) насос |

14. Дайте определение понятию «расход теплоносителя», согласно Правилам коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя

15. О каком понятии, согласно Правилам коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя это определение: «совокупность параметров (темпе-

ратур и давлений) теплоносителя, используемых в процессах производства, передачи и потребления тепловой энергии, обеспечивающих пригодность теплоносителя для работы теплopotребляющих установок в соответствии с их назначением»?_____

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был проведен анализ существующих технических решений, выделены достоинства и недостатки существующих методов контроля теплопотребления, используемых в многоквартирных домах. Рассмотрены основные используемые методы измерения и характерные особенности приборов учета энергоресурсов. Выбраны метрологически надежные типы приборов учета для измерения расхода тепловой энергии.

Разработан проект узла коммерческого учета тепловой энергии и теплоносителя на примере жилого многоквартирного дома. В качестве варианта установки счетчика тепла был выбран Теплоэнергоконтроллер ТЭЖОН 19, Преобразователь расхода Метран 300ПР-50-0,01-ТИ, Метран 300ПР-32-0,01-ТИ.

Произведены расчеты относительной погрешности измерения количества потребленной тепловой энергии отчужденной из тепловой сети. Выполнены расчеты диапазонов расходов в трубопроводах горячего водоснабжения. Определены гидравлических потери на измерительных участках.

Также обоснована целесообразность установки узла учета тепловой энергии, проведен экономический расчет.

Таким образом, результатом внедрения системы учета тепла станет не только снижение объемов неучтенных расходов, потерь воды и производственных затрат, но и улучшение работы системы теплоснабжения. Для достижения длительной и надежной работы системы учета тепла важно обеспечить три главных условия: выбрать теплосчетчик, который прослужит максимально долго, не меняя метрологических характеристик; произвести монтаж прибора в соответствии со всеми правилами; обеспечить необходимые условия эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жарковский Б.И. Приборы автоматического контроля и регулирования/Б.И. Жарковский – Москва: Высшая школа, 1989. – 304 с.
2. Елисеева О. А. Энергетика России: Взгляд в будущее. Москва: ИСР, Издательский дом Энергия, 2010. - 302 с.
3. Иванова Г.М. Погрешности учета количества отпущенного источниками тепла / Г.М. Иванова // Теплоэнергетика. – 1994. – Выпуск 10. – С. 71-76.
4. Ионин А.А. Теплоснабжение: Учебник для вузов - Москва.: Стройиздат, 2011. – 334 с.
5. Каханков А.Е. Практические схемы учета тепловой энергии и теплоносителя в системах теплоснабжения. Коммерческий учет энергоносителей/ А.Е. Каханков – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Политехника, 1999. – 156 с.
6. Кузнецов, И. Н. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие [для вузов] / И. Н. Кузнецов. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Дашков и К°, 2014. - 282 с. - (Учебные издания для бакалавров) - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/56264/>.
7. Куликов В.М. Задания и методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Методы учета и анализа потребления энергоносителей» для студентов всех форм обучения специальности, Екатеринбург, ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. 21 с.
8. Лебедева В.М. Источники и системы теплоснабжения предприятий: учебник под ред. Изд-во УМЦ ЖДТ - Москва: Маршрут, 2013.- 384 с.
9. Осипов Ю.Н. Особенности проектирования узлов учета тепловой энергии для новых присоединений/ Ю.Н. Осипов – Санкт-Петербург: Политехника, 2003. – 259 с.

10. Осипов Ю.Н. Оценочный подход к выбору типа теплосчетчика для узла учета тепловой энергии/Ю.Н. Осипов – Санкт-Петербург: Политехника, 2003. – 259 с.
11. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей: учебное пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. - 274 с.
12. Попов // Гео-Сибирь. – 2009. – Выпуск 5. – с.121-123.
13. Попов А.А. Учет теплopotребления в многоквартирных домах/А.А.
14. Правила коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя, утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 18.03.2014 г. №1034.
15. Преобразователь расчетно-измерительный ТЭКОН-19. Руководство по эксплуатации Т10.00.60 РЭ.
16. Приборы учета для жилищно-коммунального хозяйства: Справочно-методическое пособие. – Москва: Издательство ГНОМ, 2009. – 288 с.
17. Прокубовская А.О., Лискова Т.В. Методические указания к выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2015. - 31 с.
18. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование - Москва: Инфра-М, 2012.- 252 с.
19. Рекомендация МИ 2553-99. ГСИ. Тепловая энергия и теплоноситель в системах теплоснабжения. Методика оценивания погрешностей измерений. Основные положения.
20. Ромадов В.Н. Переход на приборный учет/ В.Н. Ромадов // Энергосбережение. – 2006. – Выпуск 4. – С.25.
21. ФГОС СПО 13.02.02. Теплоснабжение и теплотехническое оборудование, 2014.- 82 с.

22. Федеральный закон от 27.07.2010 №190-ФЗ «О теплоснабжении» (в ред. от 02.07.2013) // Российская газета. – 2013. – №168.
23. Хрусталеv Б.М Теплоснабжение и вентиляция, - Москва: КНОРУС, 2011.-541 с.
24. Шарапов В. И. Технологии регулирования нагрузки систем теплоснабжения: учебное пособие / В. И Шарапов - УлГТУ, 2012. – 160 с.
25. Эрганова Н.Е. Основы методики профессионального обучения. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2003. – 241 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А